

La Renouée du Japon : plante invasive et plans de lutte

L'invasion par la Renouée du Japon représente une menace pour les écosystèmes dans lesquels elle s'implante. Plusieurs moyens de lutte ont déjà été mis en place mais très peu d'entre eux aboutissent à une éradication totale de la plante.



Caractéristiques



- 🌿 **Croissance** très rapide par multiplication végétative
- 🌿 **Surface foliaire** très développée entraînant une concurrence
- 🌿 Capacité à développer un **important système rhizomal**



Dangerosité des rhizomes

Rhizome : Partie **souterraine** contenant des réserves nutritionnelles **pouvant émettre** des racines et des tiges aériennes

Le rhizome est un élément majeur du caractère invasif de la plante.

Bâchage Sur le terrain



Exemple de bâchage réalisé par les étudiants à Belleville (54) en Mars 2016

- 🌿 **Principe**: Couvrir le sol pour étouffer la plante et épuiser ses réserves
- 🌿 **Type de bâche** : Bâche agricole (double épaisseur)
- 🌿 **Durée** : 3 à 5 ans
- 🌿 **Expérimentation par les élèves** : Travaux de bâchage réalisés à Vandœuvre-lès-Nancy et Belleville en Mars 2016

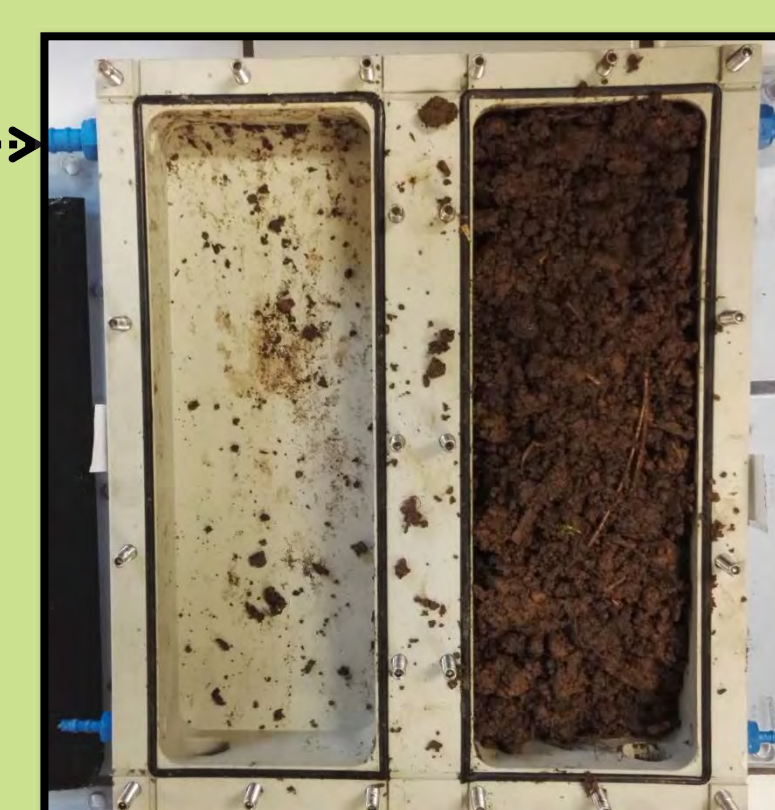
Etude des réserves En laboratoire

Prélèvement des rhizomes

Culture dans des rhizotrons

Rhizotron : appareil expérimental permettant de faire pousser un rhizome dans un compartiment confiné, laissant sortir les tiges par un orifice supérieur.

Expériences



Simulation
de bâchage

Simulation
de fauche

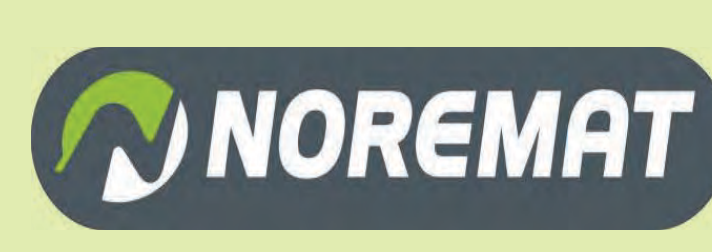
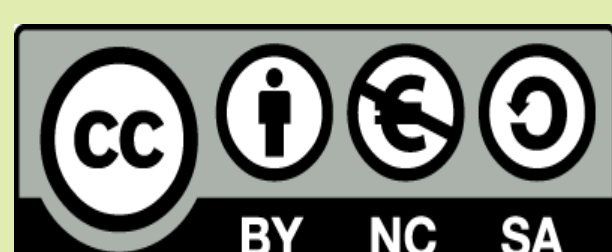
Témoin

Dosage chimique des réserves

L'étude des réserves en laboratoire permet d'observer la réponse de la plante aux plans de lutte. Ceux-ci pourront être adaptés à l'aide des résultats obtenus. Le bâchage est une technique peu coûteuse mais qui nécessite un suivi régulier. Cette méthode semble prometteuse car elle permet d'affaiblir suffisamment la Renouée du Japon pour qu'une renaturation écologique soit possible.

Étudiants : CAMPANELLA Laurine, CREMILLEUX Maéva, FALCON Valentin, HAMELIN Aurélie, KAROLKOWSKI Adeline, MICHAUD Lisa, PAPIN Justine, PLESSIS Charles, SCHMITT Maxime, THIRIET Élise
Tuteurs : JURJANZ Stefan, LERCH Sylvain, LE ROUX Yves

Contacts : renoueebelleville@gmail.com et renoueevandoeuvre@gmail.com





Projet Professionnel 2015-2016
Rapport bibliographique
29/01/2016

Lutte contre des plantes invasives, les
Renouées asiatiques

Laurine CAMPANELLA, Maéva CREMILLEUX, Valentin FALCON, Aurélie HAMELIN,
Adeline KAROLKOWSKI, Lisa MICHAUD, Justine PAPIN, Charles PLESSIS, Maxime SCHMITT,
Élise THIRIET

Tuteurs du projet : Stefan JURJANZ, Sylvain LERCH, Yves LE ROUX

Table des matières

Remerciements.....	3
Table des figures.....	4
Résumé	6
Introduction.....	7
I. Botanique des plantes invasives – les Renouées asiatiques.....	8
I.A. Les Renouées, plantes invasives en France	8
I.A.1. Définition d'une plante invasive.....	8
I.A.2. Les différentes espèces de Renouées asiatiques	8
I.A.2. Les Renouées asiatiques en Lorraine	9
I.B. Le cycle biologique des Renouées asiatiques	10
I.B.1. Mode de reproduction	11
I.B.2. Une dispersion efficace grâce à un système de rhizomes très important.....	11
I.B.3. Une très grande capacité de régénération.....	11
I.C. Les dégâts causés par les Renouées asiatiques	11
I.C.1. Un impact sur la biodiversité végétale	11
I.C.2. Un impact sur la biodiversité animale	12
I.C.3. Un impact sur les activités humaines	12
II. Les différents moyens de lutte et les expériences réalisées	12
II.A. Méthodes de lutte radicales.....	13
II.A.1. Traitements chimiques.....	13
II.A.2. Décaissement du sol et extraction des rhizomes	13
II.B. Méthodes de lutte sur le long terme	14
II.B.1. Fauche répétée.....	14
II.B.2. Lutte biologique.....	15
II.B.2.a. Ecopâturage	15
II.B.2.b. Introduction d'insectes dans le milieu	17
II.B.3. Traitement thermique	18
II.B.4. Bâchage et géotextile	19
II.B.5. Renaturation écologique	19
II.C. Quelques exemples de bâchage en France.....	20
II.C.1. Méthode de concassage bâchage à Viviers-du-Lac (73) [10].....	20
II.C.2. Bâchage aux Collières à Epinouze (26) [10]	21
II.C.3. Végétalisation de berges au ruisseau de la Combaz (73) [10]	22
II.C.4. Bâchage de la friche industrielle des Prés de Vaux, Besançon [36].....	23
II.C.5. Les travaux de restauration écologique de la ZNIEFF (Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique) des Prés de Coulanges (58) [37]	24
II.C.6. Bâchage réalisé par la mairie de Brest (29) [38].....	24
II.C.7. Bâchage par la Direction Principale des Routes du département de Seine-et-Marne (77) [39]	24
II.C.8. Expérimentation du bâchage à l'étang des Calettes (69) [40].....	25
II.C.9. Lutte contre la Renouée du Japon par bouturage sur géotextile au Val d'Ajol (88) [41] ...	25
II.C.10. Lutte contre la Renouée par bâchage et bouturage à Fougerolles (70) [41].....	27
III. Les enjeux des rhizomes de la Renouée du Japon	29

III.A. Le rôle du rhizome dans la dynamique d'invasion de la Renouée asiatique.	29
III.B. Difficulté à repérer et à évaluer les rhizomes.....	30
III.B.1. Présentation de la technique	30
III.B.2. Utilisation du géoradar	30
III.B.3. Les limites du géoradar	32
IV. Valorisations possibles de la plante.....	33
IV.A. Valorisation par méthanisation.....	33
IV.B. Des rhizomes riches en un métabolite secondaire, le resvératrol	34
IV.C. Extraction de composés actifs, vers une biotechnologie végétale	35
IV.D. Utilisation du resvératrol et de ses dérivés	36
<i>Conclusion</i>	37
<i>Références bibliographiques.....</i>	38

Remerciements

Nous tenons à remercier toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce document. Dans un premier temps, nos tuteurs qui nous ont donné de leur temps et leur patience : Yves Le Roux, Stefan Jurjanz, et Sylvain Lerch. Nous remercions également les autres groupes de projet professionnel qui ont traité comme sujet les Renouées asiatiques en 2013-2014 (Les plantes invasives) et en 2014-2015 (Ecopâturage : une stratégie de lutte contre les Renouées asiatiques et Maîtrise de la Renouée par la fauche répétée et valorisation par méthanisation). Nous sommes aussi reconnaissants envers Paul Montagne (botaniste de l'Association Florraine54) qui nous a transmis ses connaissances à propos des plantes invasives et Florence Piola (maître de conférence à l'Université Lyon I) qui nous a donné accès à de nombreuses informations sur les Renouées asiatiques.



Table des figures

Figure 1 : Une Renouée du Japon [13]	8
Figure 2 : Une Renouée de Sakhaline [13]	9
Figure 3 : Les différentes feuilles des trois espèces des Renouées asiatiques [4]	9
Figure 4 : Les différentes zones envahies par la Renouée à Belleville (54) [13]	10
Figure 5 : Le cycle biologique des Renouées asiatiques [13]	10
Figure 6 : Une Renouée passant à travers le bitume	12
Figure 7 : Véhicule Service Viabilité de l'entreprise Noremat [21]	15
Figure 8 : Site de Sadoul à Laxou [13]	16
Figure 9 : Des boucs de race Lorraine, Charlie [13] et Jacky (crédit photo Mr MERCENIER Frédérci, 10/06/15, Est Républicain)	17
Figure 10 : Aphalara itadori [26]	17
Figure 11 : Schéma explicatif des avantages et inconvénients d'un prédateur insecte [27] [28]	18
Figure 12 : Un désherbeur thermique	18
Figure 13 : Carte de localisation de certains essais de bâchage recensés en France	20
Figure 14 : Concassage bâchage à Viviers-du-Lac [10]	21
Figure 15 : Bâchage aux Collières à Epinouze [10]	22
Figure 16 : Contrôle de l'état de pourrissement des rhizomes de Renouée après une année de bâchage [10]	22
Figure 17 : Berge avant et après renaturation écologique [10]	22
Figure 18 : Détail du géotextile de la friche industrielle des Prés de Vaux à Besançon, parcelle traitée depuis quelques mois [36]	23
Figure 19 : Évolution après un an et demi de pose de géotextile sur les friches industrielles des Prés de Vaux, Besançon [36]	24
Figure 20 : Etang des Calettes envahi par la Renouée [40]	25
Figure 21 : Berge avant et après pose du géotextile [41]	26
Figure 22 : Plan de l'expérimentation de pose de géotextile au Val d'Ajol le long de la Combeauté [41]	26
Figure 23 : Site après pose de la bâche [41]	27
Figure 24 : Installation des 2400 boutures de saules [41]	27
Figure 25 : 80% des boutures mesurent 1,50 mètres [41]	27
Figure 26 : Exemples de rhizomes des Renouées asiatiques [21]	29
Figure 27 : Schéma d'un géoradar tiré du site internet de SOT prospection [43]	30
Figure 28 : Schéma explicatif de l'utilisation du géoradar dans le cadre de l'étude de la répartition de racine [44]	31
Figure 29 : Représentation des données après traitement informatique [44]	31
Figure 30 : Étude de l'amplitude de réflexion en fonction du diamètre des racines [44]	32
Figure 31 : Schéma d'un système de méthaniseur [21]	33
Figure 32 : Graphique représentant le pouvoir méthanogène de la Renouée Asiatique [21]	34
Figure 33 : Molécule de resvératrol [48]	34

Figure 34 : Comparaison des pièces de rhizome avant extraction et du resvératrol isolé après extraction [48]	35
Figure 35 : Effet de la polydatine sur le taux d'infarctus cérébraux [51]	36
Tableau 1 : Rendement de l'extraction du resvératrol [48]	35

Résumé

L'invasion par des plantes comme les Renouées asiatiques est un problème écologique important. En effet ces plantes appauvrissent considérablement la biodiversité du milieu.

Cette année, parmi les différents moyens de lutte possibles, notre intérêt s'est porté sur le bâchage, une méthode physique qui consiste à recouvrir une parcelle envahie par des Renouées asiatiques à l'aide d'une bâche. Cela permet de limiter la croissance de la partie aérienne et donc de « contrôler » l'expansion de la zone envahie tout en épuisant les réserves stockées dans la partie souterraine. Pour appliquer cette méthode, il faut connaître l'étendue du réseau de rhizome, cependant estimer le volume de la partie souterraine est compliqué. Il existe une technique capable d'analyser le réseau de rhizome en profondeur, le géoradar, mais il s'avère onéreux, difficile à se procurer et à utiliser.

Nous nous sommes également intéressés à l'évaluation des réserves stockées dans les rhizomes. En effet, ce sont elles qui permettent à la plante de produire une biomasse conséquente et d'assurer une reproduction efficace par multiplication végétative à l'origine d'une invasion importante : 0,7 grammes sont suffisants pour permettre la régénération d'un plant.

De plus, peu d'études sur les Renouées asiatiques ont été réalisées notamment parce que l'intérêt qui leur est porté est récent. La nature des réserves contenues dans les rhizomes est mal connue, mais des substances intéressantes telles que le resvératrol ont été identifiées et permettent une valorisation des Renouées.

Une autre mise en valeur est possible via la méthanisation : les parties aériennes récupérées après une fauche peuvent ainsi être converties en énergie, et ce sont notamment les jeunes pousses qui présentent le plus grand pouvoir méthanogène.

Ainsi, si la lutte contre les Renouées asiatiques a un coût économique, leur valorisation permet d'amortir les frais engagés.

Mots-clés : Renouées asiatiques, rhizomes, réserves, bâchage

Introduction

Originaires d'Asie orientale, les Renouées asiatiques sont aujourd'hui présentes en Europe et notamment en France où elles sont devenues l'une des principales espèces invasives. Son mode de reproduction asexué par des rhizomes (parties souterraines de la plante) lui permet de s'étendre sur de larges étendues. Cette expansion n'est pas sans conséquences, puisqu'elle implique entre autres une monotonie du paysage, une baisse de la biodiversité ou encore une instabilité de l'écosystème. Une surface envahie peut ainsi devenir inutilisable.

Les Renouées représentent un réel problème dans la mesure où il est très difficile de l'éradiquer. Elles nécessitent de plus d'engager de lourds investissements financiers. Actuellement il existe différents moyens de lutte : chimiques, physiques ou encore biologiques. Cependant la plupart de ces méthodes ne traitent pas la partie souterraine.

Comment lutter contre les Renouées asiatiques ?

Dans ce projet nous nous intéressons plus particulièrement aux rhizomes des Renouées, car peu d'informations existent sur ce sujet contrairement aux parties aériennes.

Cependant, ces rhizomes contiennent un certain nombre de réserves dont certaines ont été identifiées et présentent un intérêt économique.

I. Botanique des plantes invasives – les Renouées asiatiques

I.A. Les Renouées, plantes invasives en France

Elles sont présentes en France, notamment en Rhône-Alpes, Lorraine, Bretagne...

I.A.1. Définition d'une plante invasive

Une plante invasive est une espèce pionnière qui a été importée dans un écosystème qu'elle modifie. Elle s'est adaptée à ce nouveau milieu de vie, y prolifère et peut être toxique ou allergisante pour l'homme et les animaux [1]. Les espèces invasives se caractérisent par un fort potentiel d'occupation spatiale, une photosynthèse accrue à l'origine d'une biomasse importante et une reproduction efficace. Elles ont parfois une résistance considérable aux herbicides. Elles peuvent également produire des composés freinant la germination d'autres espèces, appelés composés allélopathiques. De plus, elles induisent progressivement le peuplement monospécifique du milieu en dégradant la biodiversité. Elles n'ont localement pas de prédateurs ni d'espèces concurrentes [2].

Tous ces critères les différencient des espèces importées naturalisées mais non invasives. En effet, seulement une espèce sur 900 espèces importées, volontairement ou non, est invasive. Le processus d'invasion se caractérise par trois étapes :

- l'implantation : une première population s'installe sur le milieu, s'adapte et se reproduit,
- la propagation,
- l'invasion : les populations installées prolifèrent en modifiant le milieu.

Cependant ce processus est lent, il peut durer de 150 à 200 ans. C'est pourquoi les plantes invasives peuvent être classées selon leur statut momentané local [1].

En Lorraine, la Renouée du Japon est une plante invasive. Elle se situe principalement sur des milieux pauvres en azote et en carbone, pollués ou dégradés par des activités anthropiques comme le long des cours d'eau, des routes et des voies ferrées [1].

I.A.2. Les différentes espèces de Renouées asiatiques

Les Renouées asiatiques sont des Polygonacées, il en existe plusieurs espèces.



Figure 1 : Une Renouée du Japon [13]

La Renouée du Japon a plusieurs noms latins : Reynoutria Japonica ou Fallopia Japonica. C'est une plante herbacée pérenne atteignant jusqu'à 3 m de hauteur et qui comporte un important réseau de rhizomes souterrains pouvant atteindre de 3 à 10 m de profondeur [3]. Ses feuilles cordées à nervation pennée et limbe

entier font en moyenne 18 cm de longueur pour 8 cm de largeur, ce qui lui apporte un fort pouvoir photosynthétique. Son inflorescence, de type épi de cyme triflore, est à port dressé [13].

La Renouée de Sakhaline, *Reynoutria Sakhalinensis*, réalise une reproduction végétative mais peut aussi se reproduire en disséminant ses graines de type akène [3]. Ses feuilles sagittées à nervation pennée et limbe entier mesurent en moyenne 30 cm de longueur pour 13 cm de largeur [1]. Son inflorescence, de type épi de cyme triflore, est à port tombant.

Enfin, il existe une dernière espèce hybride, la Renouée de bohème, *Reynoutria bohemica*, provenant du croisement des deux précédentes. De plus, elle est également capable de se reproduire en disséminant des graines de type akène.



Figure 2 : Une Renouée de Sakhaline [13]



Figure 3 : Les différentes feuilles des trois espèces des Renouées asiatiques [4]

I.A.2. Les Renouées asiatiques en Lorraine

La Renouée du Japon fut introduite aux Pays-Bas en 1846 comme plante ornementale, fourragère et stabilisatrice des sols puis fut propagée à travers l'Europe par les cours d'eau et les déplacements de remblais. C'est seulement en 1936 qu'elle apparaît en France sous forme de clone mâle octoploïde, capable de se propager par multiplication végétative mais aussi par reproduction sexuée [5].

Elle est notamment très présente en Lorraine comme à Belleville, le long de l'ancien canal de Moselle ou encore Laxou – deux communes de Meurthe et Moselle. La Renouée de Sakhaline, bien que moins répandue est également présente à Laxou.

Enfin, la dernière espèce hybride reste un souci non négligeable en Allemagne mais ne se développe pas en France [1]. C'est pour cette raison que notre synthèse bibliographique traite essentiellement des Renouées du Japon et de Sakhaline.



Figure 4 : Les différentes zones envahies par la Renouée à Belleville (54) [13]

I.B. Le cycle biologique des Renouées asiatiques

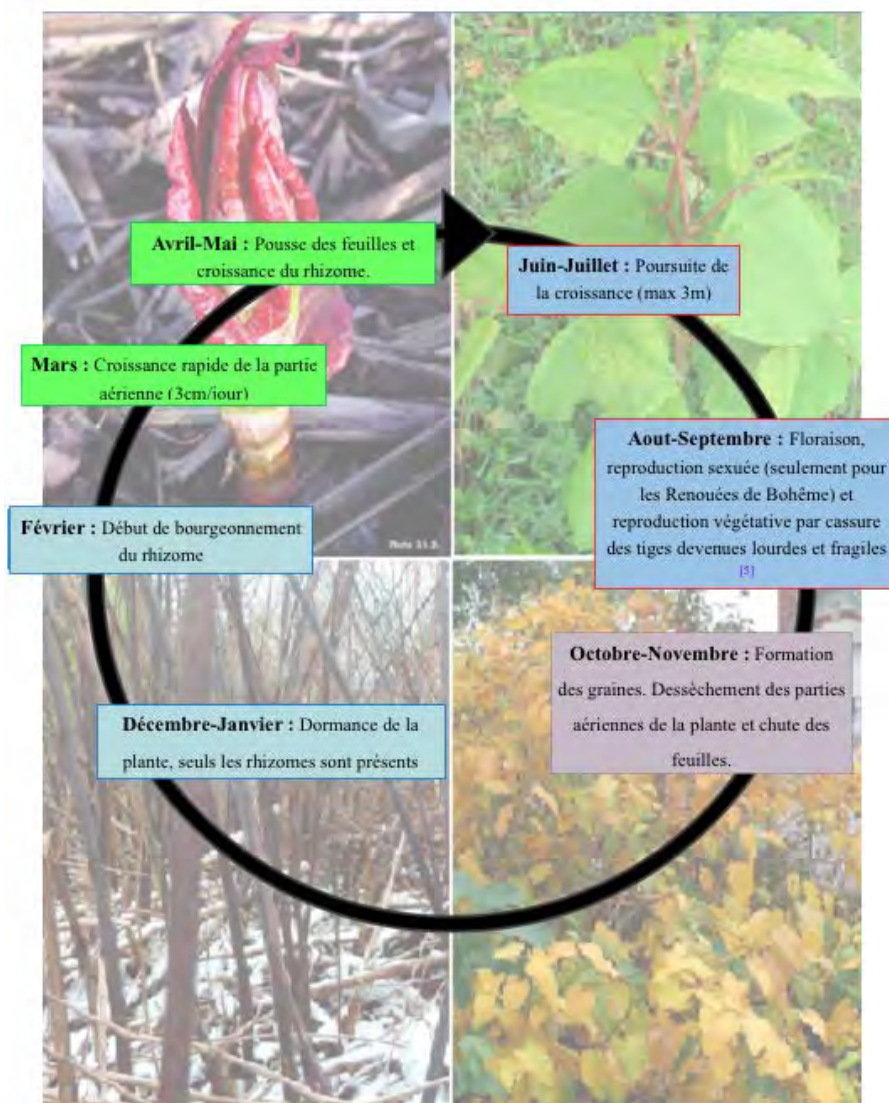


Figure 5 : Le cycle biologique des Renouées asiatiques [13]

I.B.1. Mode de reproduction

Chez les végétaux supérieurs, il existe deux types de reproduction :

- La reproduction sexuée a lieu surtout chez la Renouée de Bohême relativement aux autres espèces. Les fleurs sont blanches, hermaphrodites et fertiles. Elles apparaissent à la fin de l'été et les akènes sont mûres et peuvent être disséminés en automne [6]. Ce mode de reproduction n'est cependant pas majoritaire dans la reproduction de la Renouée de Bohême. En effet, la germination se fait très peu dans le sol (24%). En revanche, lorsque les akènes tombent dans l'eau, la germination est facilitée (91%), les plantules peuvent par ailleurs flotter/dériver pendant une période inférieure à 13 jours [7].

- La multiplication végétative à partir de fragments de rhizome, de rejets (marcottage) ou de tiges (bouturage). Ce mode de dissémination, majoritaire, est très rapide et efficace [1].

I.B.2. Une dispersion efficace grâce à un système de rhizomes très important

La propagation des rhizomes et des tiges est permise par l'eau ou par transport de terres contenant des fragments de plantes. Les rhizomes sont des organes de réserve qui permettent à la plante de passer l'hiver et de reprendre une croissance rapide au printemps. Cette reprise est d'ailleurs précoce par rapport aux plantes de la région.

I.B.3. Une très grande capacité de régénération

Lorsque la partie aérienne est fauchée, le rhizome n'est pas dégradé et il est capable ensuite de former de nouvelles tiges qui pourront donner un nouveau massif. Ainsi, 0,7 grammes de rhizome, ou encore une tige comportant deux nœuds suffisent pour former un nouveau plant [8].

Ce cycle biologique confère un avantage à la prolifération des Renouées asiatiques à l'origine d'impacts plus ou moins graves.

I.C. Les dégâts causés par les Renouées asiatiques

I.C.1. Un impact sur la biodiversité végétale

Les Renouées asiatiques sont responsables de nombreux problèmes écologiques. Elles sont en effet classées parmi les 90 espèces les plus préoccupantes selon l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature [9]. La présence de ces invasives diminue considérablement la biodiversité en colonisant les milieux au détriment des espèces indigènes végétales. Ces dernières ne peuvent pas survivre à ses côtés, entraînant ainsi une mono-spécificité du milieu [1]. Dans certains cas, la Renouée du Japon peut même éliminer jusqu'à 50% de la flore indigène d'une prairie [10].

De plus, cette perte de biodiversité est à l'origine d'une diminution de la présence d'espèces pionnières qui contribuent à la création de conditions stables pour la mise en place d'un écosystème [9].

D'autre part, selon certaines études [11], ces invasives modifient le cycle de l'azote en influençant l'activité de nitrification et de dénitrification des bactéries du sol. Ceci est possible par action de substances allélopathiques [12] qui empêchent la germination ou la croissance de certaines espèces végétales [13] [14]. En outre, la plante fixe l'azote dans la rhizosphère et favorise son implantation au détriment de la succession d'espèces végétales. Elle fournit également moins d'azote que les espèces indigènes, ce qui peut perturber l'équilibre chimique du sol [12]. Elle est capable de détourner les ressources nutritives et énergétiques du sol pour ses propres besoins.

Enfin, la Renouée du Japon empêche la lumière de pénétrer sous son feuillage en raison d'un important

couvert végétal. Ainsi, les végétaux de plus petite taille ne peuvent plus réaliser leur photosynthèse ce qui nuit à leur développement.

I.C.2. Un impact sur la biodiversité animale

La diminution de la diversité végétale entraîne d'autres conséquences sur la diversité animale. Tout d'abord, le nombre d'invertébrés phytophages diminue, ce qui est à l'origine d'une diminution du nombre de consommateurs secondaires se nourrissant de ces derniers. Par exemple, la diminution de la population des sauterelles a un impact sur celle des araignées. Cela peut causer une diminution de 65% de la biomasse des invertébrés dans les zones herbacées et de 40% dans les zones humides [11]. Toute la chaîne trophique se trouve alors en difficulté.

On note cependant un aspect positif des Renouées asiatiques pour les pollinisateurs, en effet elles fleurissent tardivement aux alentours de septembre lorsque les autres angiospermes ne fleurissent plus.

I.C.3. Un impact sur les activités humaines

L'invasion des Renouées entraîne également des conséquences sur les activités humaines. Elle pose par exemple d'énormes problèmes au niveau des cours d'eau. En effet, les tiges sèchent à la fin de la période végétative et sont alors emportées par l'eau. Le sol est ainsi nu en hiver, ce qui favorise son érosion, augmentant les risques d'inondation [15]. Les tiges entraînées par le courant peuvent par ailleurs s'accumuler au niveau des berges, rendant ainsi leur accès difficile voire impossible. En prenant la place d'espèces autochtones comme le Saule, stabilisatrices des berges, les Renouées diminuent la stabilité de ces sols.



Figure 6 : Une Renouée passant à travers le bitume

Cette plante peut également coloniser des terres cultivables et rendre de cette manière toute activité agricole impossible. Elle peut nuire à la visibilité le long des routes et au niveau d'intersections où elle masque des panneaux de signalisation. Elle est aussi capable de pousser dans des conditions peu favorables, notamment au niveau de fissures dans le bitume ou de fragilisation d'infrastructures.

Ainsi, la Renouée du Japon fragilise fortement les écosystèmes locaux par la pression qu'elle exerce sur ces milieux (biomasse importante, production de substances allélopathiques, concurrence des espèces indigènes,...). Elle est à l'origine d'une diminution de la présence d'espèces animales et végétales et tend à homogénéiser les paysages. Il y a alors un déséquilibre des écosystèmes et des sols qui s'accompagne d'une érosion plus importante de ces derniers. Toutefois, il ne faut pas oublier que les impacts écologiques sont décalés dans le temps par rapport à la dynamique d'invasion. Si cette dernière continue à proliférer, les conséquences écologiques seront de plus en plus importantes.

II. Les différents moyens de lutte et les expériences réalisées

Différentes méthodes ont déjà été mises en œuvre pour lutter contre le caractère invasif des Renouées asiatiques. Nos recherches ont surtout été portées sur la Renouée du Japon et de Sakhaline. Certaines méthodes consistent à épuiser progressivement les ressources de la plante par un travail en surface et d'autres plus radicales s'attaquent à son métabolisme ou consistent à détruire ses réserves en profondeur. Mais la pratique montre que l'utilisation combinée de plusieurs méthodes de lutte est plus efficace contre la plante.

II.A. Méthodes de lutte radicales

II.A.1. Traitements chimiques

Au sein de la lutte chimique, il est possible de distinguer un traitement dit « doux » et un traitement phytosanitaire plus « dur ». Le traitement doux consiste à pulvériser une solution saline concentrée sur les feuilles des Renouées afin de perturber l'équilibre des cellules végétales et d'aboutir à la mort des tissus. Cependant cette technique est encore expérimentale et aucune étude ne permet à ce jour d'affirmer que les rhizomes sont atteints.

Le traitement phytosanitaire est basé sur l'utilisation de molécules systémiques de synthèse, qui diffusent et ont une action néfaste sur la totalité de la plante. Parmi les substances employées figurent le Chlorate de sodium ou des produits comme le Garlon 2000 (Triclopyr 60 g/L, Fluroxypyr 20 g/L) [16], mais le plus utilisé est le glyphosate (RoundUp®), un herbicide non-sélectif provoquant la mort de cellules végétales et qui semble être le plus efficace. Cette technique est rapide, mais nécessite une utilisation soumise à de nombreuses conditions.

Il existe plusieurs manières d'utiliser ces phytocides systémiques : les pulvériser sur les feuilles de la plante, les injecter dans les tiges (5 à 10 mL de glyphosate par tige sont nécessaires), dans les rhizomes ou en badigeonnant la base des tiges préalablement coupées [17]. Chacune de ces techniques nécessite une coupe du massif quelques semaines auparavant pour que le couvert végétal à traiter ne soit pas trop important. Il est conseillé d'ajouter un colorant au mélange chimique de façon à visualiser l'avancement du traitement.

L'aspersion foliaire peut être utilisée juste avant la floraison pour des massifs larges, mais les injections ne peuvent être réalisées que sur des zones restreintes car chaque tige doit être traitée. Les pulvérisations ou les injections peuvent être renouvelées selon la repousse de la plante.

Il y a cependant de nombreuses précautions à respecter et l'utilisation est soumise à la législation. Tout d'abord ces types de produits, bien qu'en vente libre, représentent un danger pour la santé humaine, l'utilisateur doit donc se protéger entièrement avant utilisation. Mais leur application dépend de la météo et nécessite la plus grande rigueur car ils ont un impact très important sur les grands équilibres naturels. Il est strictement interdit de les utiliser à proximité d'un cours d'eau, de tout milieu ou de toute ressource en eau, afin d'éviter d'en perturber la flore ou de contaminer les eaux de consommation.

Cette technique montre des résultats plutôt satisfaisants, mais les effets sont très variables d'un contexte à l'autre. Ces substances hautement toxiques et non-sélectives doivent, par conséquent, être utilisées avec prudence et parcimonie et ne devraient être réservées qu'à des situations extrêmes ou pour des zones clés à forts enjeux. Beaucoup de communes se sont par ailleurs engagées à ne plus utiliser de produits phytosanitaires d'ici 2017, elles se tournent alors vers des méthodes moins nocives pour l'environnement.

II.A.2. Décaissement du sol et extraction des rhizomes

Une autre technique visant à éliminer entièrement la Renouée du Japon est le concassage des rhizomes. Moins dangereuse pour l'écologie du milieu, elle consiste à se débarrasser de la totalité de la plante ainsi que de ses rhizomes. Cette méthode requiert une grande attention car le risque de les fragmenter et de les disperser est important, sachant que 0,7 g de rhizome suffisent à la repousse d'un nouveau plant [8]. La majorité des rhizomes de la Renouée du Japon se situe dans les 50 premiers centimètres du sol, mais peut atteindre dans certains cas plusieurs mètres de profondeur. La plante est arrachée, la terre doit être retirée autour des rhizomes les plus en surface, ils sont ensuite extraits, séchés, puis brûlés. Puis le sol doit être décaissé et tamisé jusqu'à 3 m de profondeur. Ces opérations sont optimales dans un rayon « tampon » de 7 à 10 m autour du massif avec minutie, les outils et les équipements doivent être nettoyés attentivement pour éviter toute dissémination.

Ce type de traitement ne concerne que des plants très jeunes, des zones nouvellement infestées ou des surfaces très réduites, moins de 2 m² de préférence pour des raisons essentiellement financières. Pour des massifs en place depuis plusieurs années, l'étendue des rhizomes est difficilement évaluable et dépend de nombreux paramètres.

Cependant certains essais d'excavation sur de grandes surfaces ont déjà été faits, mais ils sont limités du fait de leur coût : 6900€/100 m². Cette estimation est réalisée pour un massif de 10x10 m, avec une zone « tampon » de 3 m et sur 3 m de profondeur [18].

Ces méthodes radicales ne sont pas les plus appropriées d'un point de vue environnemental ou économique. Il existe d'autres méthodes plus respectueuses sur le long terme.

II.B. Méthodes de lutte sur le long terme

II.B.1. Fauche répétée

Lorsqu'un massif couvre une surface plane et importante, de plus de 10m² [19], la lutte se complique. Un moyen applicable et déjà utilisé est la fauche répétée. En effet, la Renouée réagit à la coupe en augmentant la densité des tiges qui repoussent avec un diamètre plus faible car la plante puise dans ses réserves contenues dans le rhizome pour assurer la repousse. C'est pourquoi cette pratique n'a de sens qu'à long terme, sur une durée minimale de 5 à 10 ans [20]. En la fauchant régulièrement, à raison de 6 à 8 fois par an entre mai et septembre [19], la Renouée épuise ses réserves et repousse avec une vitalité moindre. De plus, la tige de la plante n'a pas le temps de se lignifier entre chaque intervalle ce qui facilite la fauche qui intervient entre mai et septembre, période durant laquelle la croissance des Renouées est maximale.

Cependant, cette méthode comporte plusieurs risques et doit être appliquée avec quelques précautions. La fauche ne doit pas être trop basse car elle risquerait de toucher le rhizome et donc de disperser la Renouée. De plus, la coupe doit être franche. Une broyeuse risquerait de favoriser la propagation de la Renouée en dispersant les fragments de tiges. L'outil utilisé pour la fauche est donc primordial et nécessite un nettoyage. La barre de coupe ne doit pas être trop basse, de l'ordre de quelques centimètres [20] et les résidus des Renouées ne doivent soigneusement être collectés.

Dans le cadre de notre projet, l'outil utilisé pour la fauche est une machine de l'entreprise Noremat® appelée Véhicule Service Viabilité [21]. Cet appareil est non seulement équipé pour couper, mais également pour aspirer et broyer les Renouées fauchées au sein d'un compartiment prévu à cet effet, limitant les risques de dissémination de l'espèce.



Figure 7 : Véhicule Service Viabilité de l'entreprise Noremat [21]

Dans le village de Sexey aux Forges (54), ce genre de protocole a été mis en place. Après 6 ans de fauche répétée sur une plaque de Renouée du Japon implantée depuis une trentaine d'années, la disparition totale de la plante invasive a été observée. Il faut noter cependant que la nature du sol (très acide) n'était que peu favorable au développement de la Renouée du Japon.

La fauche peut également être couplée à d'autres méthodes de lutte pour une meilleure efficacité.

II.B.2. Lutte biologique

II.B.2.a. Ecopâturage

Principe de la méthode

L'écopâturage est une technique d'entretien biologique des espaces verts par l'introduction d'herbivores sur la zone envahie, et ceci en complémentarité ou en substitution à l'entretien mécanique ou chimique. Les animaux se nourrissent de la partie aérienne de la plante, ce qui permet d'épuiser les rhizomes et de lutter contre l'invasive sur le long terme.

Cette méthode de lutte présente de nombreux avantages, qu'ils soient économiques, écologiques ou même sociaux. En effet, l'utilisation d'herbivores permet de diminuer l'usage d'engins et de dés herbants, et donc d'atténuer la pollution. De plus, cette technique peut être un vecteur de lien social et un support de communication et de sensibilisation aux problèmes des plantes invasives. Cette méthode permet également de gérer les milieux difficiles d'accès, comme les terrains en pente ou les friches [22].

Il est nécessaire de réaliser une fauche préalable du site avant d'introduire les animaux. Celle-ci permet de limiter la hauteur et la lignification des tiges.

Plusieurs herbivores peuvent être utilisés comme des vaches, des chevaux, des moutons, des chèvres et même des lamas. Le type d'herbivore est choisi en fonction du milieu et des besoins. En effet, des petits herbivores comme des moutons ou des chèvres peuvent atteindre des zones difficile d'accès, mais ils ont une plus petite capacité d'ingestion que les gros herbivores. A l'inverse, les gros herbivores ont l'avantage de détruire les parties lignifiées par piétinement, mais le coût pour les collectivités est alors plus important.

D'après une enquête réalisée par l'association Entretien Nature & Territoire en 2013, le mouton est l'espèce la plus choisie dans des projets d'écopâturage en France (45%), suivi des chèvres (24%) [23].

Différents essais d'écopâturages contre les Renouées

L'écopâturage dédié contre les Renouées a été testé à plusieurs endroits et ceux-ci ont été recensés par le groupe de projet professionnel travaillant sur l'écopâturage en 2015 à l'ENSAIA. Cette méthode a donc été mise en place à Lille (59), à Plérin (22), à Courdimanche (95), à Saint-Calais du Désert (53), à Sainte-Foy-lès-Lyon (69), en Bade Wurtemberg (Allemagne), sur la commune du Val d'Ajol (88) et enfin à Torcy (77) [13].

L'écopâturage a permis dans de nombreuses situations l'affaiblissement, voire la disparition, de la plante invasive, mais pour cela l'expérimentation doit être menée le plus sérieusement possible et sur plusieurs années. De façon générale, il est nécessaire de maintenir une surveillance sanitaire des animaux et vérifier que ces derniers ne soient pas en sous-nutrition. Il faut donc former des personnes afin de surveiller les animaux. De plus, cette méthode doit prendre en compte le montage économique qui permet d'assurer un revenu aux éleveurs sous contrat.

Un exemple d'écopâturage sur le site de Sadoul à Laxou :



Figure 8 : Site de Sadoul à Laxou [13]

L'écopâturage a été mis en place sur le site de Laxou par le groupe du projet professionnel Ecopâturage 2014/2015 sur un terrain présentant une forte pente (environ 50%) envahi par la Renouée de Sakhaline. Cette méthode a été choisie dans une démarche durable et respectueuse de l'environnement, mais également en raison des particularités du site trop difficile d'accès pour une fauche mécanique.

Les étudiants ont travaillé en partenariat avec l'association Les Amis de la Chèvre de Lorraine. La communication autour de ce projet a permis de revaloriser cette race dont il ne reste plus beaucoup d'individus. Les mâles ont été choisis car leurs besoins nutritionnels sont moins importants que ceux des femelles, de plus ils ne nécessitent pas de traite.

La parcelle a été nettoyée et débroussaillée au préalable puis une clôture et un abri pour les animaux ont été installés.

Durant le projet, les boucs se sont effectivement nourris de Renouée, ce qui est recherché dans une démarche d'épuisement de la plante. En revanche, ils n'ont consommé que les feuilles des plantes et non les tiges. Cependant ceci peut s'avérer intéressant car la plante bourgeonne sur ses tiges et s'épuise.

Le projet doit encore être reconduit sur plusieurs années de manière à affaiblir de plus en plus la Renouée de Sakhaline.



Figure 9 : Des boucs de race Lorraine, Charlie [13] et Jacky (crédit photo Mr MERCENIER Frédéric, 10/06/15, Est Républicain)

II.B.2.b. Introduction d'insectes dans le milieu

Dans le milieu dont les Renouées sont originaires, la population est contrôlée naturellement par des prédateurs ou des parasites, comme par exemple certains insectes. L'utilisation d'un prédateur a pour effet la destruction de certaines parties de la plante : les feuilles ou les tiges. Cela empêche la prolifération et permet une baisse de sa photosynthèse, entraînant de cette façon une création de réserves dans les rhizomes moins intense.

Cette technique est expérimentée en Grande-Bretagne par l'utilisation d'un insecte l'Aphalara itadori [25]. Cet insecte de petite taille (2 mm de long [26]) consomme la plante et limite ainsi son développement.



Figure 10 : *Aphalara itadori* [26]

Pour que cette méthode soit viable, plusieurs paramètres sont à prendre en compte :

- La capacité de l'insecte à s'adapter aux conditions climatiques du pays d'insertion,
- l'effet de ce nouvel insecte sur la faune et la flore autochtones.

Pour cela, il faut mettre en contact l'insecte avec les constituants de son futur milieu de vie en laboratoire. Si les études montrent une tendance propice à l'insertion du prédateur dans le milieu, il est possible, sous le contrôle de certaines instances, de mettre en place des études grandeur nature. C'est notamment le rôle du DEFRA - Department for Environment Food & Rural Affairs - en Angleterre.

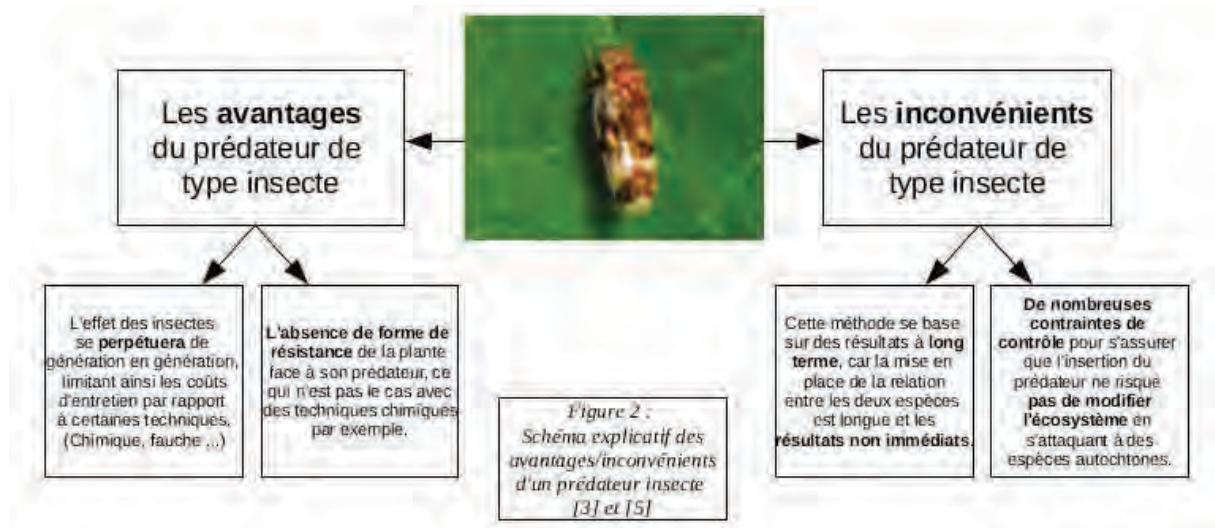


Figure 11 : Schéma explicatif des avantages et inconvénients d'un prédateur insecte [27] [28]

Cependant, cette méthode possède un ensemble de contraintes demandant beaucoup de temps en amont pour prévoir les effets du prédateur sur la proie. Cela peut correspondre à plusieurs années, comme ce fut le cas en Grande-Bretagne où les études ont demandé de sélectionner un phénotype capable de s'adapter à l'environnement anglais [28].

II.B.3. Traitement thermique



Figure 12 : Un désherbeur thermique

Ce traitement est une méthode actuellement à l'essai : les plantes sont détruites en surface suite à une exposition à de fortes températures. Il peut s'agir d'une flamme obtenue à partir de gaz ou encore de vapeur d'eau à forte température [29] [30].

Cette technique permet de détruire la partie aérienne de la plante de manière semblable à la fauche répétée : renouveler cette opération régulièrement peut donc avoir un impact non négligeable sur les réserves

des rhizomes. Le traitement thermique présente cependant l'avantage de détruire la partie aérienne de sorte à limiter la dispersion involontaire des tiges [30].

Bien qu'efficace, cette méthode semble peu utilisée car elle présente de nombreuses limites. En effet, le traitement s'applique sur une zone donnée dont la végétation est brûlée de manière non sélective, empêchant également les espèces autochtones de pousser. De plus, il est nécessaire d'effectuer ce traitement régulièrement, environ une fois par mois. Bien que les dépenses soient difficiles à évaluer, cette méthode semble coûteuse car elle requiert un équipement spécifique qui consomme par ailleurs de l'énergie pour produire une température suffisamment élevée. Enfin, cette dépense en énergie se traduit également par une émission de gaz à effet de serre [31].

Le traitement thermique présentant de nombreux aspects négatifs, il est intéressant de l'utiliser dans les zones ne pouvant être traitées autrement, telles que les enrochements [30]. Il est toutefois préférable d'avoir recours à d'autres moyens de lutte lorsque cela est possible.

II.B.4. Bâchage et géotextile

Le bâchage est une technique de lutte contre les Renouées consistant à la pose d'une bâche opaque, dépassant de 1 à 3 m autour du massif. Pour éviter le soulèvement de la bâche, il est nécessaire de lester et enfouir la bâche dans la terre en pourtour [32]. Le bâchage est un moyen de lutte intéressant, il empêche la photosynthèse indispensable au développement des plantes.

Pour bâcher une zone où la hauteur des pousses de Renouée dépasse 5 cm, une fauche préalable est nécessaire. Il est possible de bâcher en hiver, et également au printemps [32].

Une forme particulière de bâche biodégradable, se décomposant naturellement existe et qui ne nécessite pas de débâchage. Des plantations sont possibles à même cette bâche, ce qui permet d'envisager une renaturation écologique simultanée au bâchage.

II.B.5. Renaturation écologique

Certains phénomènes naturels, mais surtout l'intervention directe ou indirecte de l'activité humaine, peuvent transformer, altérer ou même détruire les écosystèmes. C'est un procédé visant à créer durablement un écosystème équilibré, dès lors que l'équilibre de l'écosystème correctement atteint aucune intervention humaine n'est nécessaire.

La stratégie de restauration écologique peut passer par la suppression d'une cause unique, (exemple d'un barrage qui, une fois rompu, ramènerait un régime d'inondations [33]) mais aussi par la gestion de nombreux facteurs.

La renaturation écologique n'est pas une action spécialisée dans la lutte contre les plantes invasives. Il s'agit d'une approche consistant à réimplanter des espèces locales pour prendre la place occupée par les Renouées asiatiques. Introduire différentes espèces occupant toutes les strates permet une compétition complète avec la Renouée. Cette méthode a été expérimentée sur l'un des sites laxoviens, à proximité de l'ENSAIA [34] et en Isère [35].

Les Renouées asiatiques ayant une vitesse de croissance exceptionnelle de par les importantes réserves dans les rhizomes, il est nécessaire d'affaiblir le massif au préalable.

Le choix des plantes à introduire dans l'écosystème doit prendre en compte des caractéristiques souhaitées :

- résistance à la fauche,

- pérennes,
- adaptation au milieu,
- concurrence envers les Renouées.

Les cultures suivantes répondent à ces exigences et ont été implantées sur plusieurs parcelles expérimentales à Laxou.

- ortie et consoude (résistantes à la fauche, rhizomateuses et fertilisantes),
- framboisier (attire paysager, rustique, vigoureuse),
- dactyle, fétuque et luzerne (plantes complémentaires, pérennes, adaptées à l'environnement [34]).

Ces expériences ont permis de montrer la réduction de la hauteur de la tige des Renouées, mais également de son diamètre et de sa surface foliaire.

Les travaux de renaturation écologique en Isère ont été effectués avec des plantes qui ont été sélectionnées pour leur efficacité à lutter contre la Renouée du Japon. Certaines plantes invasives comme la buddleia, *Buddleja davidii*, ou le robinier faux-acacia, *Robinia pseudoacacia*, ont montré une vitesse de repousse plus rapide que la Renouée. Quelques plantes indigènes ont dominé la Renouée du Japon sous certaines conditions. Il s'agit notamment de l'ortie dioïque, *Urtica dioica*, de la ronce bleuâtre, *Rubus caesius*, du lotier corniculé, *Lotus corniculatus*, du lierre terrestre, *Glechoma hederacea*, et du lierre grimpant, *Hedera helix* [35].

Parmi toutes ces méthodes de lutte, nous envisageons d'axer notre travail sur le bâchage. Il convient donc de s'intéresser à des exemples concrets réalisés en France.

II.C. Quelques exemples de bâchage en France

La carte suivante indique la localisation des différents essais de bâchage développés ci-dessous.

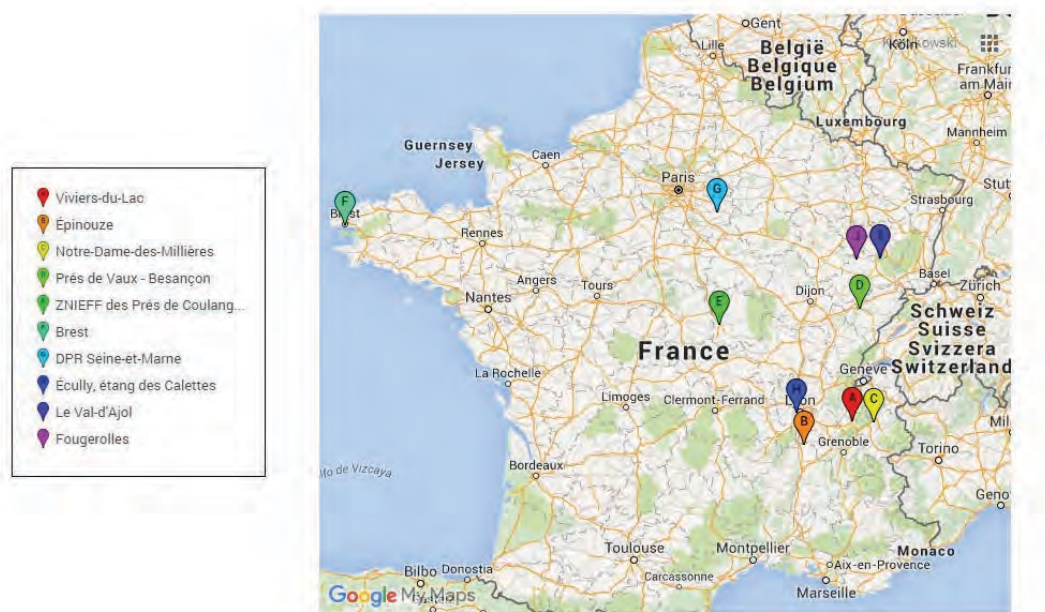


Figure 13 : Carte de localisation de certains essais de bâchage recensés en France

II.C.1. Méthode de concassage bâchage à Viviers-du-Lac (73) [10]

La technique du bâchage a été utilisée en 2010 sur l'ancienne décharge de Viviers-du-Lac, en cours de réhabilitation par le CISALB (Comité InterSyndical pour l'Assainissement du Lac du Bourget). Le maître d'œuvre

de cette opération est Concept Cours d'Eau, un bureau d'étude. L'apparition des Renouées asiatiques sur l'extrémité nord de l'ancienne décharge a eu lieu récemment lors d'apports de dépôts issus d'un chantier en rivière. La zone infestée couvre 2 200 m² (55 m x 40 m) et est longée par un réseau de fossés qui rejoignent le lac du Bourget. Une profondeur de seulement 0,9 m a été concassée du fait de la présence des premiers déchets vers 1,1 mètre de profondeur.



Figure 14 : Concassage bâchage à Viviers-du-Lac [10]

Avant le bâchage, des travaux de concassage de la terre infestée et de broyage des rhizomes ont été nécessaires. Au total, un volume de 1980 m³ a été traité. Pour ce concassage, deux modèles de broyeurs avec des puissances différentes ont été testés, l'un étant adapté aux travaux d'aménagement du paysage et l'autre adapté aux travaux agricoles ou forestiers. Après ces travaux, le CISALB a recouvert la surface d'une double épaisseur de bâche plastique peu épaisse et maintenue par un tapis discontinu.

De nombreux suivis expérimentaux ont eu lieu :

- Analyse de l'efficacité du concassage pendant les travaux,
- Vérification de l'état de la bâche en période végétative,
- Évaluation de la mortalité des rhizomes : prélèvement fin 2010,
- Observation de la reprise végétative au printemps 2011.

II.C.2. Bâchage aux Collières à Epinouze (26) [10]

Une opération d'éradication mécanique et de bâchage a été mise en place par la Communauté de Commune Rhône Valloire en 2009 aux Collières. Cette méthode de lutte contre la Renouée a été proposée par le bureau d'étude Concept Cours d'Eau.



Figure 15 : Bâchage aux Collières à Epinouze [10]

Les travaux se sont déroulés de la façon suivante : décaissement de la berge puis passage des déblais dans un godet concasseur et stabilisation du pied du talus. Ensuite le talus a été couvert à l'aide d'une bâche plastique, épaisse et opaque de type agricole.

Un contrôle des longueurs des rhizomes après le concassage a été effectué, l'objectif étant d'atteindre une longueur après broyage de moins de 10 cm.



Figure 16 : Contrôle de l'état de pourrissement des rhizomes de Renouée après une année de bâchage [10]



Figure 17 : Berge avant et après renaturation écologique [10]

Suite à cette expérimentation de bâchage, une renaturation de la strate arborée des berges a été mise en place avec ensemencements et plantations (frêne, aulne, érable, ...).

Le bilan montre que sur le premier massif 4 plants de Renouée repoussent et sont arrachés tous les ans cependant aucune repousse de Renouée n'a eu lieu sur le second massif.

Des perspectives d'amélioration sont possibles : utilisation d'une bâche biodégradable, utilisation d'une bâche agricole épaisse ou utilisation de deux épaisseurs de bâche pour éviter que la Renouée ne les transperce.

II.C.3. Végétalisation de berges au ruisseau de la Combaz (73) [10]

Le site expérimental du ruisseau de la Combaz présente un massif uniforme et dense de Renouée du Japon situé en aval immédiat du pont de la route départementale 925, en direction de Notre-Dame-des-Millières. Le but de cette expérimentation est de renaturer le ruisseau, c'est-à-dire non pas d'éliminer le Renouée mais d'introduire une végétation concurrente et adaptée au cours d'eau. L'aménagement a été réalisé après quatre années de fauches répétées à raison d'une fauche chaque mois en période estivale.

Les étapes mises en œuvre en mai 2009 sur 90 m de berges sont les suivantes :

- Pose d'une bâche opaque, la bâche utilisée étant une toile de paillage type Polypropylène® 130 g/m². Elle a pour but d'empêcher la croissance des pousses de Renouée en les privant de lumière, la durée de pose est de quatre années végétatives, mais selon l'état de croissance des végétaux implantés et des rhizomes de Renouée elle peut être maintenue plus longtemps si besoin.
- Mise en place de 1 440 boutures de saules sur la partie basse du talus, à raison de 4 arbres/m². Ces saules ont un diamètre de 2 à 4 cm pour une longueur de 80 cm.
- La plantation de 720 arbustes à racines nues d'essences indigènes et adaptées, en partie supérieure du talus (à une hauteur de 60 à 90 cm, 2 arbres/m²).

Le coût global de cet aménagement a été de 14 000 € TTC. Après une saison végétative avec pose de bâche, des repousses de Renouée ont été constatées ainsi qu'une reprise des végétaux implantés sur la berge.

II.C.4. Bâchage de la friche industrielle des Prés de Vaux, Besançon [36]

Une expérience de bâchage a eu lieu sur la friche industrielle des Prés de Vaux à Besançon. Pour cette expérimentation une fauche intensive de la Renouée du Japon a été réalisée préalablement à la mise en place du géotextile. Le géotextile utilisé est biodégradable de type Feutramat®, ou équivalent. Sur ce géotextile, les plants sont mis dans de solides encadrés agrafés afin de limiter au maximum la pousse des Renouées asiatiques au pied du plant de la nouvelle espèce.

Au cours de cet essai plusieurs entretiens sont nécessaires dont l'écrasement au pied des repousses des Renouée dès qu'elles atteignent 10 cm. Cette action ralentit son développement tout en laissant la possibilité à d'autres plantes indigènes de se développer. Pendant la pose du géotextile (2-3 ans) une fauche annuelle sélective est nécessaire. Après quatre ans d'expérimentation, une surveillance de la flore indigène est mise en place.



Figure 18 : Détail du géotextile de la friche industrielle des Prés de Vaux à Besançon, parcelle traitée depuis quelques mois [36]



Figure 19 : Évolution après un an et demi de pose de géotextile sur les friches industrielles des Près de Vaux, Besançon [36]

II.C.5. Les travaux de restauration écologique de la ZNIEFF (Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique) des Près de Coulanges (58) [37]

Pendant plusieurs années dans la zone des Près de Coulanges, dans le cadre de la lutte contre la Renouée, des agents du CPIE Bourgogne (Centre Permanent d'Initiative Environnement) arrachaient la plante invasive dès sa repousse. Cette méthode ne leur a pas permis de s'en débarrasser, le CPIE Bourgogne s'est alors tourné vers la méthode du bâchage. Trois zones de 100, 175 et 275 m² sont concernées.

Actuellement pour lutter contre la Renouée du Japon, le CPIE arrache la plante avec des engins mécaniques et l'enterre sur son emplacement d'origine. Puis la zone est recouverte pendant plusieurs années d'une bâche opaque ancrée dans le sol. La plante ainsi privée de lumière par la bâche ne se développe plus. Si de jeunes pousses des Renouées arrivent à percer la bâche l'arrachage est préconisé. Des saules devraient également être plantés sur ces zones pour lutter contre la Renouée.

II.C.6. Bâchage réalisé par la mairie de Brest (29) [38]

Afin de contenir le Renouée du Japon, la mairie de Brest expérimente le bâchage. En effet, elle résiste à certains produits chimiques et naturels dont nous n'avons pas connaissance et la profondeur de son rhizome empêche tout arrachage manuel. Après plus de deux ans de bâchage, des repousses de Renouée sont observées une fois la bâche retirée, les techniciens conseillent ainsi un bâchage d'au moins cinq ans.

II.C.7. Bâchage par la Direction Principale des Routes du département de Seine-et-Marne (77) [39]

La Direction Principale des Routes (DPR) du département de Seine-et-Marne est activement engagée dans la lutte contre la Renouée du Japon. En effet après deux ans d'expérimentation sur les territoires de Provins et de Nangis, une fauche raisonnée a été effectuée sur les 4325 km de routes gérées par le département. Le fauchage raisonné consiste à couper en laissant une hauteur maximale de Renouée comprise entre 10 et 15 cm.

Une expérimentation de bâchage a été mise en place par la DPR grâce à l'utilisation de bâches en caoutchouc recyclé sur les accotements routiers. Cette expérimentation a été mise en place pour une durée de cinq ans.

II.C.8. Expérimentation du bâchage à l'étang des Calettes (69) [40]

Sur la ville d'Ecully, la Renouée du Japon est présente autour de l'étang des Calettes. La commune souhaite prévenir l'expansion de cette plante invasive afin de préserver le biotope de l'étang et a donc décidé d'installer des bâches de type agricole. Ces dernières doivent affaiblir la Renouée. De plus, lors de cette expérimentation des espèces concurrentes seront plantées et semées par les services de la mairie à l'automne.



Figure 20 : Etang des Calettes envahi par la Renouée [40]

II.C.9. Lutte contre la Renouée du Japon par bouturage sur géotextile au Val d'Ajol (88) [41]

Dans le Val d'Ajol, le bâchage par du géotextile est expérimenté pour lutter contre la Renouée. Le site s'étend sur 170 m², il est proche du centre de l'agglomération Ajolaise. Il s'agit d'une berge semi-naturelle, proche des habitations et qui inclut une partie pentue et rocheuse, ainsi qu'un chemin très fréquenté.

Le haut de la berge est bâché par du géotextile non tissé, biodégradable, sur une longueur de 49 m et une largeur de 4 m. De plus, une renaturation écologique a aussi été mise en place. Des boutures de saules ont en effet été plantées : 4 saules par m². Sur le haut de la berge et au milieu de la bâche, des arbustes ont été plantés (noisetier, fusain d'Europe, cornouiller sanguin et troène) espacés d'1 à 1,5 m.

Sur la partie la plus basse, moins pentue et sans rochers un géotextile a été posé et un bouturage de saule réalisé (4 arbres/m²). Les repousses de Renouée sont arrachées tous les 10 à 15 jours par les employés de la commune.

Le matériel utilisé pour cet essai est le suivant :

- Débroussailleuse,
- 170 m² de géotextile non tissé biodégradable,
- 750 boutures de saules d'essences variées : saule des vanniers, saule à 3 étamines, saule pourpre, une dizaine de plants arbustifs : noisetier, cornouiller sanguin, fusain d'Europe.



Figure 21 : Berge avant et après pose du géotextile [41]

Les travaux se sont déroulés en plusieurs étapes :

- Préparation du terrain (fauche de la Renouée et aplanissement),
- Pose du géotextile sur les parties non enrochées de la berge,
- Mise en place des boutures de saules,
- Plantations d'espèce arbustives,
- Arrosage des boutures et des plantations,
- Entretien du site l'année suivante.

Le coût total de ce bâchage s'élève à 2956 €.

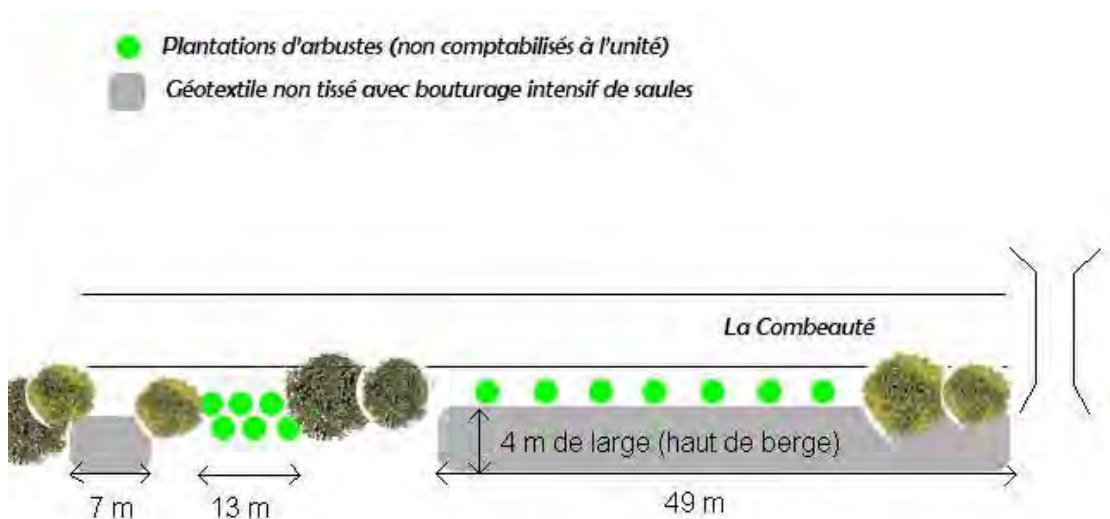


Figure 22 : Plan de l'expérimentation de pose de géotextile au Val d'Ajol le long de la Combeauté [41]

Les résultats de ce bâchage révèlent une mauvaise résistance du géotextile à la haute fréquentation du site et une dégradation trop rapide, ceci implique donc de replanter très rapidement d'autres végétaux. L'intérêt du géotextile biodégradable réside dans son esthétique (bonne intégration dans le paysage) et dans son côté pratique, il n'est pas nécessaire de l'enlever.

II.C.10. Lutte contre la Renouée par bâchage et bouturage à Fougerolles (70) [41]

Ce site expérimental de bâchage contre la Renouée d'environ 1000 m² est situé en aval du centre de Fougerolles, en contrebas des usines LUFKIN et le long de l'ancienne voie de chemin de fer.

Pour cette expérimentation l'utilisation d'une débroussailleuse et d'environ 900m² de bâches agricoles doublées (grammage entre 100 et 150 g/m²) fixées avec des agrafes métalliques ont été nécessaires. De plus, 2700 boutures de saules d'essences variées (Saule des Vanniers, Saule à 3 étamines, et Saule pourpre) ont été utilisées.



Figure 23 : Site après pose de la bâche [41]



Figure 24 : Installation des 2400 boutures de saules [41]



Figure 25 : 80% des boutures mesurent 1,50 mètres [41]

Les travaux se sont déroulés de la façon suivante :

- Fauche de la Renouée sur le site (900 m²),
- Pose et agrafage d'une bâche noire agricole sur 2 épaisseurs,
- Mise en place d'une clôture pour empêcher tout accès au site.

Le coût total s'élève à 18 190 €.

Les résultats présentés semblent concluants notamment lorsque le bâchage est accompagné d'un concassage et/ou excavation, d'une végétalisation. Des informations supplémentaires concernant ces expérimentations seront présentes dans le rapport final grâce aux réponses d'expérimentateurs du bâchage.

Le bâchage est une méthode lutte assez récente contre les Renouées asiatiques. Cette technique est généralement utilisée sur des surfaces à forts enjeux et peut être prolongée par une renaturation écologique. Comme toutes les autres méthodes de lutte elle ne concerne que la partie aérienne de la plante et en s'attaque pas directement aux réserves contenues dans les rhizomes, alors que le rhizome de la Renouée du Japon est un élément essentiel à considérer dans la lutte contre cette plante invasive. Nous nous intéressons donc aux enjeux de ce système racinaire particulier.

III. Les enjeux des rhizomes de la Renouée du Japon

Actuellement, le système racinaire des Renouées asiatiques est difficile à évaluer. Cependant, il peut être estimé théoriquement ce qui permet de comprendre la propagation du rhizome et la colonisation du milieu par la plante invasive.

III.A. Le rôle du rhizome dans la dynamique d'invasion des Renouées asiatiques.

L'importance du rhizome dans la dynamique d'invasion vient de sa capacité à générer de nouvelles tiges. En effet c'est surtout par reproduction végétative que la plante se propage et progresse une fois implantée dans un milieu [1].

Le rhizome génère de nouvelles tiges à partir d'un réseau bien établi ou bien d'un fragment minuscule, puisque 0,7 g de rhizome seulement suffisent pour générer un individu et initier la colonisation du milieu [8]. Cette propagation est d'autant plus importante que la Renouée a un système de rhizomes important, lors d'expériences 142 m de rhizomes ont été déterrés dans 1 m³ de sol sur une parcelle envahie [5]. Bien que les caractéristiques de ce réseau souterrain soient mal connues, ce dernier se développe jusqu'à 7 m autour de la plante mère, atteint une profondeur comprise entre 2 et 10 m [8], et a un diamètre de 30 cm [45].



Extrait de la thèse de Constancias Aurélie 2008 Faculté de pharmacie de Grenoble

Figure 26 : Exemples de rhizomes des Renouées asiatiques [21]

De plus, le rhizome des Renouées a une forte capacité à réparer les tissus abîmés et à résister aux agressions [5]. Ainsi, lors d'une fauche, d'une opération de destruction du rhizome ou encore du labour d'une parcelle bordée de Renouée la dissémination de petits fragments entraîne l'expansion de la plante.

La capacité de régénération provient des réserves du rhizome dont la nature exacte est encore peu connue. L'été une forte quantité de réserves est envoyée dans le rhizome [45], ce qui permet une repousse rapide au printemps [8] [45].

Le rhizome est capable d'entrer en dormance pendant une longue période jusqu'à 20 ans [8], la plante peut donc réapparaître après une longue absence. Il est alors compliqué de diagnostiquer son éradication d'un milieu. La localisation souterraine du rhizome le protège du gel en hiver.

Les Renouées présentent un réseau de rhizomes important qu'il convient d'étudier avec des techniques non destructives.

III.B. Difficulté à repérer et à évaluer les rhizomes

Afin de quantifier et d'estimer la taille et la masse des rhizomes, la visualisation du système souterrain de la plante serait un outil précieux. Aujourd'hui, l'utilisation d'un géoradar (ou GPR : *Gound-Penetrating Radar*) permet d'obtenir une image dans laquelle il est possible d'estimer le volume des racines. Cette technique permet d'étudier le système racinaire grâce à une méthode non destructive. Elle a déjà été utilisée lors d'une expérimentation en Floride dans le cadre de l'étude de racines de pin [42].

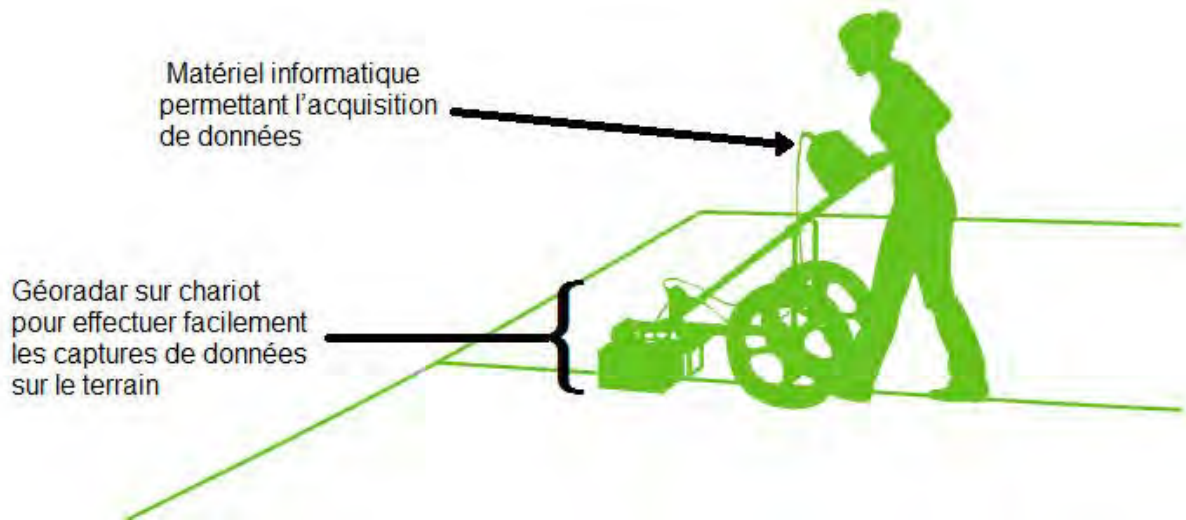


Figure 27 : Schéma d'un géoradar tiré du site internet de SOT prospection [43]

III.B.1. Présentation de la technique

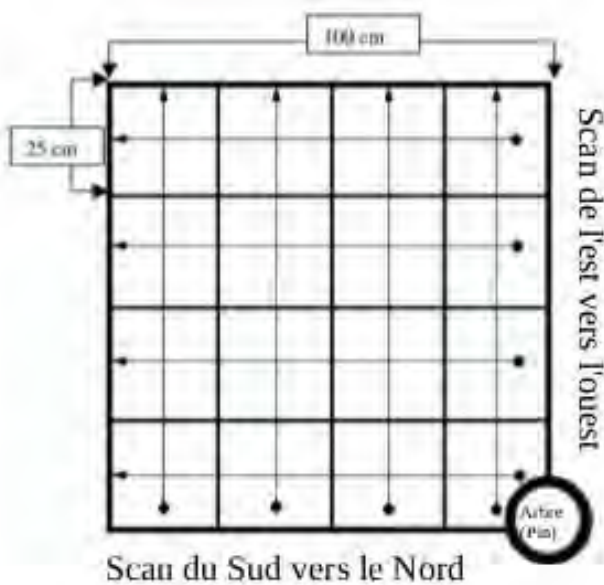
La méthode consiste à quadriller avec le géoradar sur la zone à analyser puis à traiter les données informatiques récoltées.

Le principe est le suivant, le radar envoie des ondes électromagnétiques plus ou moins absorbées ou réfléchies en fonction du milieu traversé [44]. Cela permet suite à un traitement des données d'obtenir par différence de contraste une structure du système racinaire. Ainsi le géoradar permet d'acquérir des données sur des profondeurs allant de 0,25 m à 1,5 m [44] pour l'étude des racines.

Il est possible d'utiliser différents types d'antennes avec des puissances variables en fonction du sol et de la profondeur des racines. Par exemple, une puissance de 400MHz ou 1,5 GHz, la première est plus utilisée pour des faibles profondeurs alors que la seconde permet d'obtenir une meilleure résolution sur les 45 premiers centimètres [47].

D'après les expérimentations réalisées en Floride [42], cette technique est adaptée pour cartographier des zones de petite taille (environ 1 m²) [44]. Il est possible de reproduire la méthode en découpant la zone à analyser en carré de 1m² (Voir figure 27), mais ceci entraîne un traitement des données informatiques long à réaliser. De plus, la capture des données sur le terrain nécessite au moins une personne formée à l'utilisation du matériel [44].

III.B.2. Utilisation du géoradar



- Explication de la figure 27

- Découpe du terrain à analyser en carrés de 25x25 cm.
- Passages du radar de façon parallèle du sud au nord, puis de l'est à l'ouest.

Figure 28 : Schéma explicatif de l'utilisation du géoradar dans le cadre de l'étude de la répartition de racine [44]

Le traitement permet d'obtenir le document suivant.

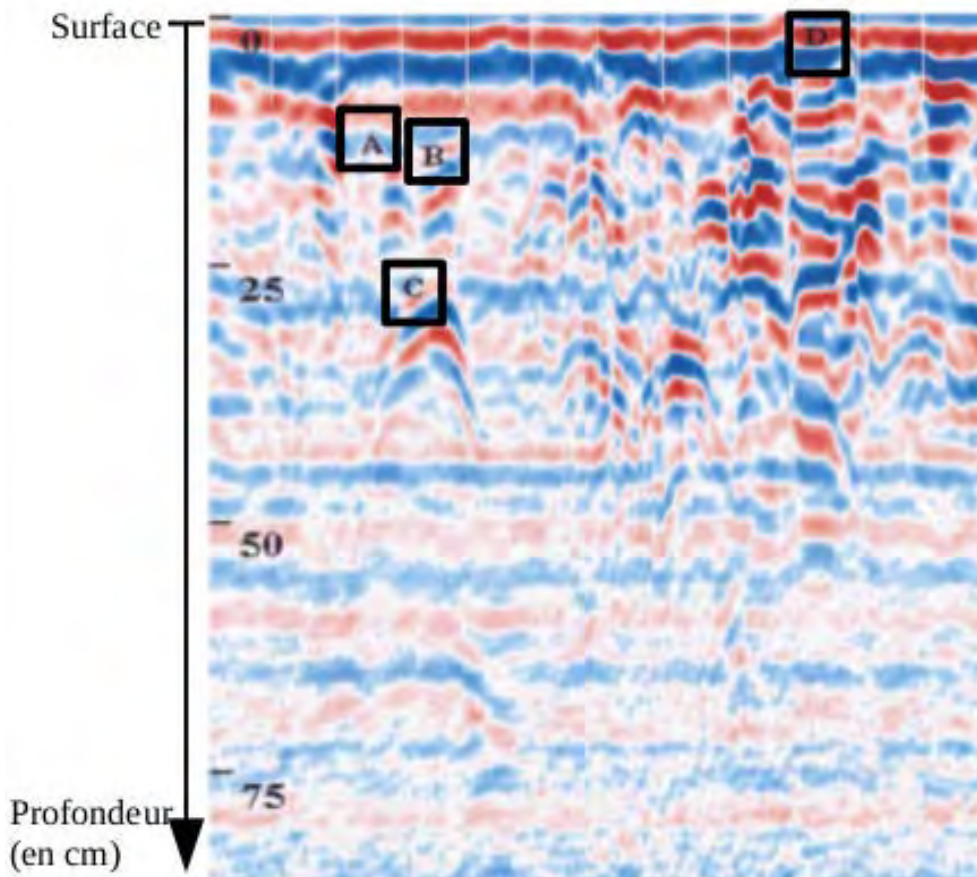


Figure 29 : Représentation des données après traitement informatique [44]

- Explication de la figure 28 [44]

- Le point A représente une racine de 0,6 cm de diamètre à 11 cm de profondeur.

- Le point B représente une racine de 1,7 cm de diamètre à 14 cm de profondeur.

- Le point C représente trois racines collées de 0,7 cm, 0,7 cm et 1,5 cm de diamètre à 27 cm de profondeur.

- Le point D représente une racine en surface.

Cette technique ne fait pas de distinction entre un rhizome de taille importante et un amas de rhizome de petite taille.

III.B.3. Les limites du géoradar

Cette technique comporte certains problèmes, par exemple un sol contenant beaucoup d'argile ou avec une forte rétention d'eau rend la visualisation difficile en influençant la conductivité des ondes électromagnétiques. Des effets de surfaces peuvent aussi détériorer les données comme : une forte irrégularité de la surface ou une importante strate herbacée [44].

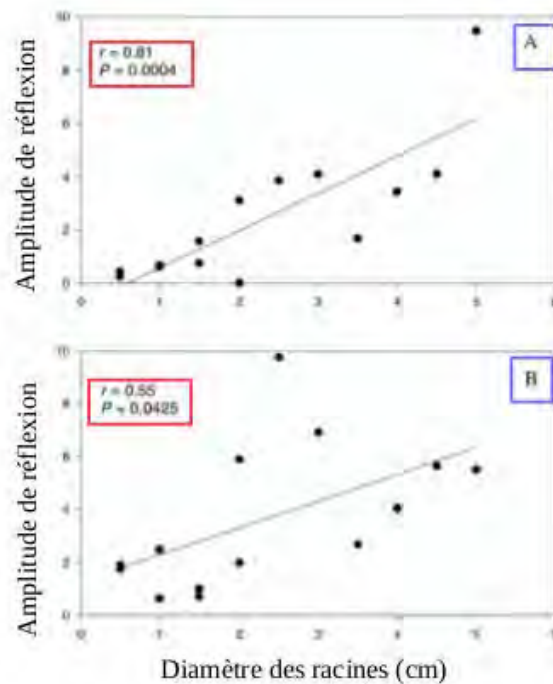


Figure 30 : Étude de l'amplitude de réflexion en fonction du diamètre des racines [44]

A : étude des racines à 15 cm de profondeur

B : étude des racines à 30 cm de profondeur

- Explication de la figure 29

La courbe représentant l'amplitude de réflexion en fonction du diamètre des racines n'est pas une droite d'après les coefficients de corrélation linéaire ($R_A=0,81$ et $R_B=0,55$). En effet les constituants du sol ont un pouvoir de réflexion, ils sont alors confondus avec les racines et provoquent des erreurs d'interprétation, la fiabilité diminue donc avec la profondeur.

Cette méthode est coûteuse et demande une formation pour capter et traiter correctement les données enregistrées par le géoradar. De plus, de nombreux facteurs sont sources de variation des résultats.

L'étude du système racinaire des Renouées asiatiques reste cependant intéressante au vu du rôle prépondérant des rhizomes dans la dynamique d'invasion de ces plantes. Cette technique demande à être améliorée pour devenir réellement exploitable.

Le rhizome a un rôle majeur dans la dynamique d'invasion des Renouées asiatiques. Le géoradar permet d'évaluer son réseau mais c'est une méthode onéreuse qui doit être réalisée dans des conditions optimales par des professionnels.

IV. Valorisations possibles de la plante

IV.A. Valorisation par méthanisation

Lors de fauches répétées, il est possible de récupérer la matière organique et de la valoriser par méthanisation.

La méthanisation est un processus de dégradation de la matière organique par des bactéries fermentescibles en l'absence d'oxygène. Cette technique permet la production de biogaz, un mélange de méthane principalement et de dioxyde de carbone, ainsi qu'un résidu le digestat qui sert de fertilisant agricole. Le biogaz permet par la suite la production d'électricité et de chaleur [46].

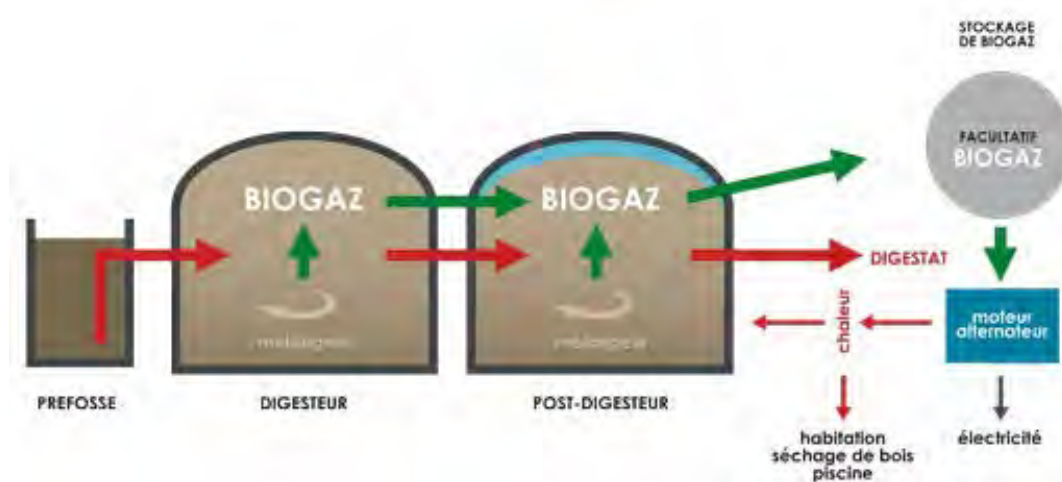


Figure 31 : Schéma d'un système de méthaniseur [21]

La Renouée étant un déchet organique, broyée très finement, elle peut intégrer le processus de méthanisation. Il s'agit donc d'un moyen de valoriser la plante invasive.

Un protocole de méthanisation a été mis en place l'année dernière à l'ENSAIA dans le cadre du projet professionnel [21] et a permis de mesurer les valeurs méthanogènes des différentes parties des Renouées asiatiques.

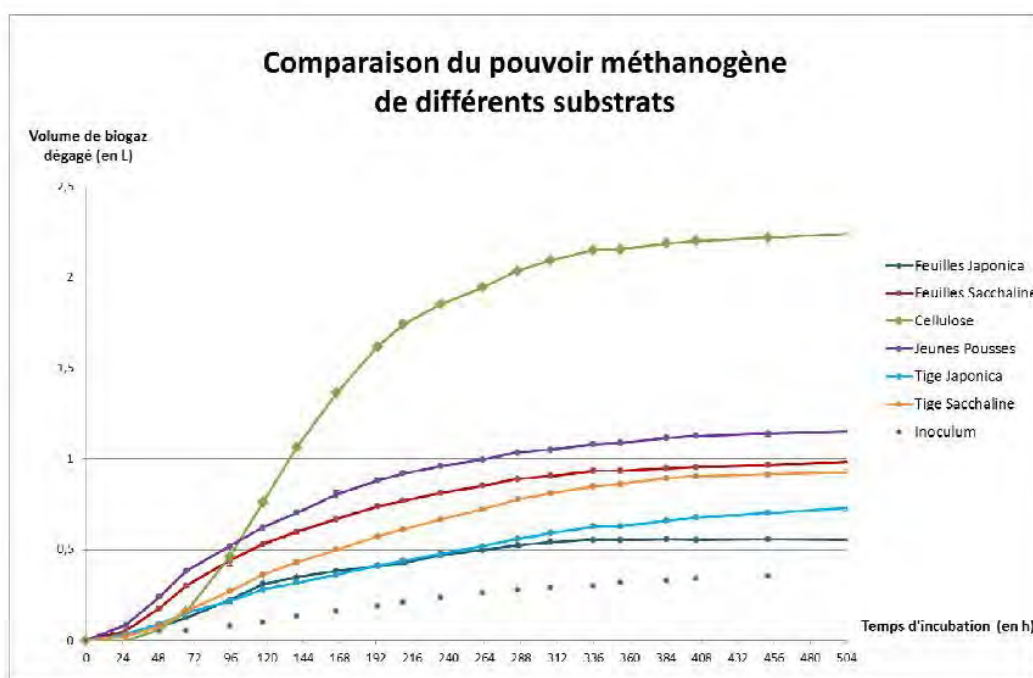


Figure 32 : Graphique représentant le pouvoir méthanogène des Renouées Asiatiques [21]

La méthanisation permet de valoriser entièrement la Renouée, un autre moyen de valorisation est l'extraction de métabolites secondaires.

IV.B. Des rhizomes riches en un métabolite secondaire, le resvératrol

Les métabolites secondaires [47] sont des produits facultatifs issus du métabolisme à la croissance de la plante ils n'existent pas chez toutes les espèces. De plus un grand nombre de ces composés ont des propriétés physiologiques intéressantes pour les industries pharmacologiques ou en cosmétique.

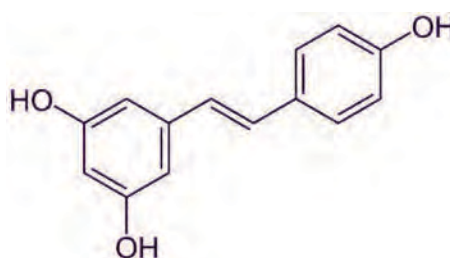


Figure 33 : Molécule de resvératrol [48]

La Renouée du Japon [49] est connue pour être une des plante les plus riche en resvératrol ou trans-resvératrol (=3,5,4'-trihydroxy-trans-stilbène). En effet, ce composé appartient à la famille des stilbènes, c'est un polyphénol qui possèdent des propriétés anti-fongiques. Cette substance est aussi présente dans d'autres plantes ou fruits (raisin). Le resvératrol est présent sous différentes formes dérivées comme le polydatine [50], une molécule de resvératrol liée à un ose formant un glucoside du resvératrol.

En revanche, le resvératrol est loin de constituer la majeure partie des stilbènes présents dans la Renouée du Japon, cette dernière contient surtout des dérivés glycosylés comme le picéide.

Le resvératrol est une des substances produites et accumulées en réponse à une blessure ou une agression extérieure, il appartient à la famille des phytoalexines, ce phénomène de défense est appelé élicitation. Ce mécanisme est utilisé en biotechnologies.

IV.C. Extraction de composés actifs, vers une biotechnologie végétale

Pour extraire du resvératrol à partir des rhizomes séchés, plusieurs techniques sont utilisées dont la chromatographie à contre-courant à grande vitesse (HSCCC) [48].

Origine	Extrait	Rendement en resvératrol	Année
Chine	Fraction acétate d'éthyle d'un extrait méthanolique (purification par HPLC sur gel de silice)	0,37%	2000
Etats-Unis	Fraction acétate d'éthyle d'un extrait méthanolique (purification par HPLC sur gel de silice)	0,29%	2000
Chine	Ethéré fractionné par HSCCC avec chloroforme-méthanol-eau (4 :3 :2)	0,4% à 0,5%	2001
Chine	Fraction acétate d'éthyle d'un extrait méthanolique, séparé par HSCCC avec chloroforme-méthanol-eau (4 :3 :2)	2,18 %	2001
Chine	Méthanolique, séparé par HSCCC en 2 temps avec éther de pétrole-acétate d'éthyle-méthanol-eau (3 :5 :4 :6 puis 3 :5 :7 :3)	0,56%	2005

Tableau 1 : Rendement de l'extraction du resvératrol [48]

Les racines séchées de Renouée sont réduites en poudre puis extraites trois fois au méthanol à température ambiante pendant 24h. Le méthanol est ensuite éliminé par évaporation et l'extrait sec est dissous dans un mélange de solvants (contenant du pétrole brut léger, de l'acétate d'éthyle, du méthanol et de l'eau). Après décantation, la phase aqueuse est récupérée puis lavée une seconde fois avec le même mélange. L'extrait obtenu est enfin traité par HSCCC pour séparer et purifier les constituants [48]. Une pureté supérieure à 95 % en stilbènes totaux est obtenue via ce procédé. L'extrait obtenu contient en revanche peu de resvératrol en proportion des stilbènes totaux et qu'il est majoritairement composé de picéide. Pour obtenir le resvératrol à partir de cette forme, une hydrolyse est nécessaire.



Figure 34 : Comparaison des pièces de rhizome avant extraction et du resvératrol isolé après extraction [48]

Le resvératrol peut ensuite être identifié par RMN (Résonnance Magnétique Nucléaire), par IR (Infrarouge) et enfin par spectrométrie de masse. La teneur des différents stilbènes varie en fonction des conditions de développement de la plante (géographie, climat...).

Pour faciliter l'obtention de resvératrol, il est possible de se tourner vers les biotechnologies végétales. Cela permettrait une production alternative par l'intermédiaire de culture de cellules végétales produisant des métabolites secondaires d'intérêt. De plus, l'induction d'une élicitation par des agents pathogènes permet d'augmenter la quantité de resvératrol produite [48].

La production de resvératrol a pour débouché l'utilisation de la molécule et de ses dérivés en pharmacie et en cosmétique.

IV.D. Utilisation du resvératrol et de ses dérivés

Le rhizome de Renouée asiatique était utilisé en médecine traditionnelle asiatique mais aujourd'hui il entre dans la composition de nombreux compléments alimentaires, de crèmes et de médicaments. Depuis quelques années l'industrie pharmacologique s'intéresse à ses propriétés :

- Il possède des propriétés anti-tumorales et cardioprotectrices [49]. C'est un inhibiteur des cyclo-oxygénases et de l'orithine-décarboxylase, il agit indirectement sur le cycle cellulaire et le phénomène d'apoptose (suicide cellulaire programmé). Il a des propriétés antioxydantes (c'est à dire qu'il piège les radicaux libres), prévient de la peroxydation lipidique, protège l'endothélium vasculaire et induit une vasodilatation.

- Il est responsable d'une activité anti-infectieuse vis-à-vis des bactéries et virus, a une action directe sur le métabolisme des lipides et notamment le taux de cholestérol dans le sang[49].

- Le resvératrol n'est pas toxique chez l'animal et son élimination est rapide (80 % d'une dose de 0,5g est éliminé en 4h[49]).

- Il freine l'apparition des maladies neurodégénératives et s'oppose au vieillissement en apportant une activité neuroprotectrice [51].

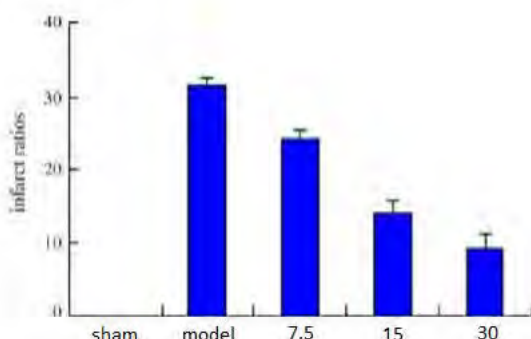


Figure 35 : Effet de la polydatine sur le taux d'infarctus cérébraux [51]

Ce graphique montre que la polydatine, réduit le déficit neurologique proportionnellement à la dose utilisée. L'administration intraveineuse de polydatine à 15 mg/kg(d'individu), réduit significativement le déficit neurologique et le volume cérébral touché par l'infarctus.

Le réseau de rhizomes des Renouées asiatiques joue un rôle majeur dans l'invasion cette plante, mais il est difficile à repérer et à évaluer. Il peut être valorisé d'un point de vue énergétique par la méthanisation mais aussi d'un point de vue biotechnologique par l'extraction de métabolites secondaires.

Conclusion

Les Renouées asiatiques sont des plantes invasives en France, notamment en Lorraine. Elles réduisent la biodiversité en se développant aux dépens d'espèces autochtones grâce à une multiplication végétative au niveau des rhizomes ce qui lui permet une dispersion importante.

De plus, les Renouées asiatiques impactent les activités humaines, c'est pour cette raison que des moyens de lutte ont été mis en place. Cependant, ces derniers doivent s'adapter aux particularités propres de chaque site. Il existe différentes méthodes chimiques peu respectueuses de l'environnement, mais également des méthodes biologiques comme l'écopâturage et des méthodes physiques comme la fauche répétée et le bâchage.

Le bâchage est actuellement à l'essai dans plusieurs régions de France. Chaque site présente des conditions particulières au niveau de la surface à traiter, du relief du terrain et de son environnement. Il est nécessaire de déterminer le type de bâche, la durée du traitement... Ce moyen de lutte est encore en développement et des études doivent encore être réalisées afin de déterminer les protocoles les plus adaptés en fonction du terrain à bâcher. Un bâchage d'une durée minimale de trois ans est nécessaire. Cependant, le traitement est souvent précédé par une étape de décaissement du sol et suivi d'une renaturation écologique avec des espèces souvent locales. Les résultats de ces essais nous permettent d'organiser notre projet dans les différents sites lorrains étant les plus adaptés au bâchage.

De plus, la mise en place de d'une méthode de lutte s'avérant souvent coûteuse, il est possible de valoriser la Renouée par la méthanisation ou encore par l'extraction de resvératrol. Enfin, le bâchage et la fauche répétée permettant d'épuiser les réserves contenues dans le rhizome sur le long terme. Il nous paraît important d'étudier l'évolution du rhizome. Nous allons donc tester notamment l'impact de la fauche répétée et du bâchage sur les réserves présentes dans les rhizomes des Renouées.

Références bibliographiques

[0] WIKIMEDIA, [Image] mise en ligne le 19/09/2005

Disponible sur : https://fr.wiktionary.org/wiki/renou%C3%A9e_du_Japon#/media/File:Riesenknauterich.jpg [Consulté le 23/11/2015]

[1] P.MONTAGNE [Entretien] de l'association Floraine à Vandœuvre-lès-Nancy (54), présentation de différentes espèces invasives et réflexion sur le cas de la Renouée en lorraine, [le 20/09/2015]

[2] I.THONE, [Documentaire] *Les plantes invasives*, diffusé sur Arte, le 11/07/2014 à 23h20, 53 minutes

[3] HINTERMANN, WEBER, Décembre 2012, *Plantes invasives*, Editions DGE-BIODIV

[4] COLLOQUE NATIONAL *RENOUEES ASIATIQUES*, réalisé les 23/10/2013 et 24/10/2013 à St Etienne.

Disponible sur : http://www.orenva.org/IMG/pdf/colloque_renouees_ORENVA_12022013.pdf [consulté le 27/11/2015]

[5] M.BOYER, *Les Renouées du Japon*.

Disponible sur : <http://fallopia.Japonica.pagesperso-orange.fr/index.html> [consulté le 29/11/15]

[6] CONSEIL GENERAL DE LA LOIRE, avril 2014, Guide scientifique et technique « Les Renouées asiatiques de redoutables invasives ».

Disponible sur : <http://www.loire.fr/upload/docs/application/pdf/2014-04/renouees1.pdf> [consulté le 12/10/2015]

[7] RENCONTRE REGIONALE POUR UNE GESTION INTEGREE DES RENOUUEES INVASIVES, 11/06/2015 à Laxou (54).

Disponible sur : <https://renouees2015.wordpress.com> [consulté le 05/11/2015]

[8] B.BOTTNER, septembre 2006, EPTB Vilaine, *Guide d'identification des rhizomes de Renouée du Japon. (Managing japanese knotweed on development sites)*

Disponible sur : http://www.eptbilaine.fr/site/telechargement/ZonesHumides/GuideRhizomeRenouee_Japon_BD.pdf [consulté le 4/11/2015]

[9] S.LAUREN URGENSON, 2006, The Ecological Consequences of Knotweed Invasion into Riparian Forests, Masters of Science (Forest Resources), University of Washington.

Disponible sur : <http://www.cfr.washington.edu/research.cesu/reports/J9W88030027-Urgenson-MSThesis.pdf> [consulté le 27/11/2015]

[10] ASSOCIATION RIVIERE RHONE ALPES, 2011, *Renouées du Japon : Gestion et Lutte, Actes des journées techniques*.

Disponible sur : http://www.riviererhonealpes.org/fichiers/journees/Journee_52_29-6-2010_Actes_Renouees_ARRA_2011.pdf [consulté le 27/11/2015]

[11] F.PIOLA, [Entretien], 07/12/2015, Maître de Conférences à l'Université Lyon 1 et chercheuse au laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés, réflexion sur la possibilité de développer des méthodes d'études en laboratoire pour étudier le rhizome de Renouée.

[12] M.BOYER, 2009 *Une nouvelle technique d'éradication mécanique des Renouées du Japon testée avec succès au bord de l'Ain et de l'Isère*, Ingénieries n° 57-58.

Disponible sur : <http://www.colloque-renouee.com/2012/res/nouvelletechniqueeradication.pdf> [consulté le 27/11/2015]

[13] SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE, 2014-2015, *Ecopâturage : une stratégie de lutte contre les Renouées asiatiques*, projet professionnel, ENSAIA.

Disponible sur : http://ensaia.univ-lorraine.fr/telechargements/ecopaturage_renouee1.pdf [consulté le 24/11/15]

[14] C.MURRELL, 2011, *Invasive knotweed affects native plants through allelopathy*, American Journal of Botany.

Disponible sur : <http://www.amjbot.org/content/98/1/38.full.pdf+html> [consulté le 27/11/15]

[15] FDGDON : Fédérations Départementales des Groupements de Défense contre les Organismes Nuisibles.

Disponible sur : <http://www.fdgdon974.fr/> [consulté le 27/11/2015]

[16] DOW AGROS SCIENCE, *Produit Garlon2000*

Disponible sur : <http://www.dowagro.com/fr/produits/products/garlon2000.html> [consulté le 10/11/2015]

[17] CENTRE DE CONSERVATION DE LA FAUNE ET DE LA NATURE, 22/03/2007, *Information à l'attention des communes et services du canton de Vaud. Plantes exotiques envahissantes – Recommandations et techniques de lutte*.

Disponible sur : http://www.vd.ch/fileadmin/user_upload/organisation/dse/sffn/fichiers_pdf/GestInv_VD_Rjap.pdf [consulté le 2/11/2015]

[18] G.FRISSE, E.DELBART et G.MAHY, décembre 2010. *Traitement des terres contaminées par les Renouées asiatiques*.

Disponible sur : https://orbi.ulg.ac.be/bitstream/2268/120978/1/traitement_terres_version_orbi.pdf [consulté le 17/09/2015]

[19] CANTON DE VAUD, *Renouée du Japon : Recommandations de lutte* :

Disponible sur : [http://www.vd.ch/fileadmin/user_upload/themes/environnement/faune_nature/fichiers_pdf/Flore_et_Champignons/Recommandations_de_lutte_VD_F4-8 - Renou%C3%A9e du Japon.pdf](http://www.vd.ch/fileadmin/user_upload/themes/environnement/faune_nature/fichiers_pdf/Flore_et_Champignons/Recommandations_de_lutte_VD_F4-8_-_Renou%C3%A9e_du_Japon.pdf) [consulté le 21/11/2015]

[20] CONSERVATOIRE BOTANIQUE NATIONAL ALPIN, *Les Renouées du Japon*

Disponible sur : <http://www.invmmed.fr/sites/invmmed.fr/files/pictures/Reynoutria%20sp.pdf> [consulté le 23/11/2015]

[21] SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE : *Plantes invasives et méthanisation, projet professionnel*, ENSAIA, rédigé en 2014-2015.

Disponible sur : http://ensaia.univ-lorraine.fr/telechargements/plantes_invasives_et_methanisation100.pdf [consulté le 24/11/15]

[22] DERVENN (génie écologie & écosystèmes), *Le savoir-faire de nos animaux au service de l'entretien et de la valorisation écologique de vos espaces verts ou naturels*.

Disponible sur : <http://www.dervenn.com/wordpress/nos-prestations/travaux-de-genie-ecologique/amenagement-et-gestion-des-espaces-de-nature-en-milieu-urbain-et-peri-urbain/eco-paturage/> [consulté le 24/11/15]

[23] ENTRETIEN NATURE ET TERRITOIRE, 2013, *Infographies de territoires*.

Disponible sur : <http://entretien-nature-territoire.fr/accompagnement-des-projets/589-2/> [consulté le 24/11/15]

[24] SITE OFFICIEL DE L'ASSOCIATION DES AMIS DE LA CHEVRE DE LORRAINE. *L'histoire de la Chèvre de Lorraine*.

Disponible sur : <http://www.chevredelorraine.fr/la-chevre-de-lorraine/historique/> [consulté le 23/11/15]

[25] H.MORIN, 12/03/2010, *En Grande-Bretagne, le duel à mort entre un insecte et une plante invasive venues du Japon*.

Disponible sur : http://www.lemonde.fr/planete/article/2010/03/12/en-grande-bretagne-le-duel-a-mort-entre-un-insecte-et-une-plante-invasive-venues-du-japon_1318196_3244.html [consulté le 18/11/2015]

[26] D.DERBYSHIRE, 24/07/2009, *Curse of Japanese knotweed could be at an end as plans are unveiled to import its bug nemesis*.

Disponible sur : <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-1201665/Japanese-knotweed-faces-nemesis-bug-foe-imported-East.html> [consulté le 20/11/2015]

[27] A.SCHNITZLER, S.MULLER, 1998, *Écologie et biogéographie de plantes hautement invasives en europe : les Renouées géantes du Japon*.

Disponible sur : http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/54881/RevuedEcologie_1998_53_1_3.pdf?sequence=1&isAllowed=y [consulté le 12/11/2015]

[28] C.MILMO, 14/09/2014, *Japanese knotweed: Tiny insect could finally tame Britain's most invasive plant.*

Disponible sur : <http://www.independent.co.uk/news/uk/home-news/japanese-knotweed-tiny-insect-could-finally-tame-britains-most-invasive-plant-9804698.html> [consulté le 25/11/2015]

[29] DIRECTION DEPARTEMENTALE DES AFFAIRES SANITAIRES ET SOCIALES DE L'ISERE 2009, Association des maires et adjoints de l'Isère, *Ambrosia artemisiifolia (ambrosie à feuilles d'armoise), Envahissement – Gestion, Connaître cette plante, ses contraintes et les moyens de lutte associés.*

Disponible sur : http://www.maires-isere.fr/agenda2008/pr%C3%A9sentation%20POLLEN%20Ambrosie%2030%20mars%202009_Web.pdf [consulté le 22/09/2015]

[30] B.LOUBOUTIN, 2010 *Les plantes invasives de Brennilis situation et moyens de lutte.*

Disponible sur : <http://www.brennilis.com/agenda21/invasives/invasives.pdf> [consulté le 12/09/2015]

[31] SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE, 2013-2014, *Les plantes invasives*, projet professionnel, ENSAIA.

Disponible sur : http://ensaia.univ-lorraine.fr/telechargements/les_plantes_invasives.pdf [consulté le 10/09/2015]

[32] N.PIPET, 23/05/2012, technicien à l'Institution Interdépartementale du Bassin de la Sèvre Niortaise (IIBSN) : Réunion de l'Observatoire Régional des plantes exotiques ENVahissantes des écosystèmes Aquatiques de Poitou-Charentes (ORENVA)

Disponible sur : http://www.orenva.org/IMG/pdf/Copil_Orenva_-_renouees_-_23_mai_2012.pdf [consulté le 30/11/2015]

[33] A.CLEWELL, J.ARONSON, K.WINTERHALDER, traduit par : FONTAINE Christelle et ARONSON James. Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group. 2004. The SER International Primer on Ecological Restoration. www.ser.org & Tucson : Society for Ecological Restoration International.

SER International Primer on Ecological Restoration, rédigé en 2004

Disponible sur : <http://www.ser.org/resources/resources-detail-view/ser-international-primer-on-ecological-restoration> [consulté le 23/11/2015]

[34] R.MORELLATO, *Essais de restauration écologique par fauche et concurrence végétale*, Rencontre régionale pour une gestion intégrée des Renouées invasives, réalisée 11 juin 2015 à Laxou (54).

Disponible sur : <https://renouees2015.files.wordpress.com/2015/07/morellato-ensaia-restauration-rr-11juin-2015.pdf> [21/11/2015]

[35] M.LE BERRE, Juillet-Aout 2010, Mastère 1 Biodiversité Ecologie Environnement, pour l'Association Départementale Isère Drac Romanche (A.D.I.D.R.), *Proposition de plan de gestion des Renouées exotiques invasives (Fallopia spp.) et d'autres espèces envahissantes sur les digues de l'Isère, du Drac et de la Romanche.* 27 pages.

Disponible sur : http://www.isere-drac-romanche.fr/IMG/pdf/Gestion_Invasives_MaelleLeBerre.pdf [consulté le 13/11/2015]

[36] M.JUAN, L.BOURQUE, 2012-2013, *Projet de lutte contre la Renouée du Japon sur le CET d'Etueffont*.

Disponible sur : http://www.mairie-flavigny-sur-moselle.fr/files/AEUIUT_Etueffont_ProjLutteRenou_Japon_v3_2013-04-24.pdf [consulté le 13/11/2015]

[37] le jdc.fr, *La Znieff lutte activement contre la Renouée du Japon*, 26/07/14.

Disponible sur : http://www.lejdc.fr/nievre/actualite/pays/grand-nevers/2014/07/26/la-znieff-lutte-activement-contre-la-renouee-du-japon_11093377.html [consulté le 21/11/2015]

[38] OUEST FRANCE, 22/11/2013, *Le bâchage pour lutter contre les plantes invasives*.

Disponible sur : <http://www.ouest-france.fr/bretagne/brest-29200/le-bachage-pour-lutter-contre-les-plantes-invasives-1737759> [consulté le 22/10/2015]

[39] CONSEIL DEPARTEMENTAL DE SEINE ET MARNE, *Le Conseil départemental s'engage*

Disponible sur : <http://eau.seine-et-marne.fr/export/print/prevention-le-conseil-general-s-engage> [consulté le 24/11/2015]

[40] VILLE D'ECULLY, *Lutte contre la propagation de la Renouée du Japon, plante invasive*, 2015

Disponible sur : <http://www.ville-ecully.fr/Lutte-contre-la-propagation-de-la.html> [consulté le 24/11/2015]

[41] EPTB Saône et Doubs, 17/05/2013, *Contrat de rivière de la Lanterne, Visite des sites expérimentaux de lutte contre la Renouée du Japon, Journée des élus du PNR des Ballons des Vosges*.

Disponible sur : http://www.parc-ballons-vosges.fr/wp-content/uploads/2015/11/visite_terrain_contrat_riviere.pdf [consulté le 24/11/2015]

[42] J.BUTNOR, B.ROTH et K.JOHNSEN, 2005, *Forest Biology Research Cooperative : Feasibility of Using Ground-penetrating Radar to Quantify Root Mass in Florida's Intensively Managed Pine Plantations* ».

Disponible sur : http://www.srs.fs.usda.gov/pubs/ja/ja_butnor007.pdf [consulté le 8/11/2015.]

[43] SOT prospection[Image] .

Disponible sur : <http://www.sotprospection.com/eng/georadar.phpHPSESSID=54b6f284d05fc90086eabc205687fa58> [consulté le 23/11/2015]

[44] J.BUTNOR, J.A.DOOLITTLE, L.KRESS, S.COHEN, and K.H.JOHNSEN, 2001, *Use of ground penetrating radar to study tree roots in the southeastern United States*.

Disponible sur : <http://treephys.oxfordjournals.org/content/21/17/1269.long> [consulté le 8/11/2015]

[45] R.THOMES, D.BUSTI, M.MAILLART, septembre 2011, *La Renouée à la conquête du monde*.

Disponible sur : <http://biologie.ens-lyon.fr/ressources/Biodiversite/Documents/la-plante-du-mois/la-renouee-du-japon-a-la-conquete-du-monde/index.html> [consulté le 29/11/15]

[46] AEB MethaFrance, *Principe de la méthanisation*

Disponible sur : <http://www.aeb-energie.fr/principe-de-la-methanisation.php> [consulté le 18/11/2015]

[47] J.LGUIGNARD, 11/04/2000. *Biochimie végétale*. 2ème édition de l'Abrégé. Paris : Dunod, 274 pages. Sciences sup nature et vie. ISBN : 2-10-004527-X

[48] T.CHASTANG, 2014. *Etude de la synthèse du resvératrol et de ses dérivés (viniférines) par des suspensions de cellules de vigne et optimisation de la production en bioréacteur*. Thèse de doctorat. Génie des Procédés & Biotechnologie végétale. Châtenay-Malabry : Ecole centrale de Paris, 161 pages.

Disponible sur : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01037913> [consulté le 23/11/2015]

[49] J.BRUNETON, 03/10/2009. *Pharmacognosie : Phytochimie et Plantes médicinales*. 4e édition. Tec & Doc Lavoisier, 1268 pages. ISBN-10: 2743011882

[50] C.FEELGOOD & L.FREEMAN, 20/02/2013. *Les nouveaux espoirs de l'antiâge*, 59 pages.

Disponible sur : http://actualites.nutritionconcept.com/wp-content/uploads/2012/08/ebook_anti%C3%A2ge-ebook-v1-2625.pdf [consulté le 24/11/2015]

[51] A.CONSTANCIAS, 2008. *La Renouée du Japon : Polygonum Cuspidatum Sieb. et Zucc. (Polygonaceae)*. Thèse pour l'obtention du titre de docteur en pharmacie. Science Pharmaceutique. Grenoble : Faculté de Pharmacie. 123 pages.

Disponible sur : <http://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00592141> [consulté le 21/11/2015]